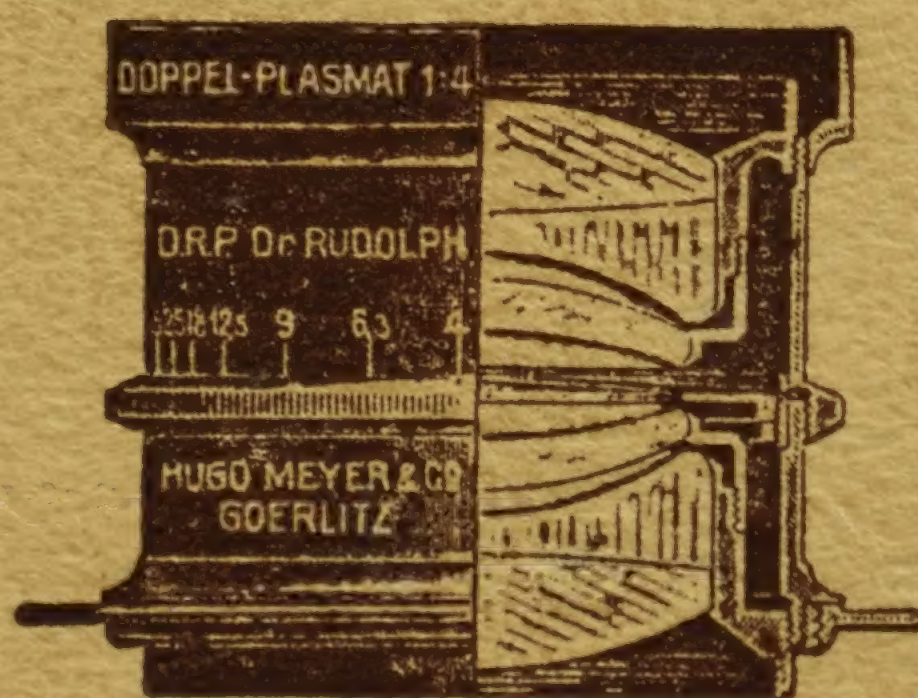


H. SCHMIDT—E. PIIRINEN

# VALOKUVAAJAN VALO-OPPI



SUOMEN VALOKUVAAJAIN LIITTO  
HELSINKI







HANS SCHMIDT

# VALOKUVAAJAN VALO-OPPI


SAKSALAISEN ALKUTEOKSEN  
3-4 PAINOKSESTA MUKAILLEN SUOMEKSI  
TOIMITTANUT

E. PIIRINEN



KUSTANTAJA  
SUOMEN VALOKUVAAJAIN LIITTO  
HELSINKI





HELSINKI 1926  
KUSTANNUSOSAKEYHTIÖ KIRJAN  
KIRJAPAINO



## Alkulause.

Tämä teos pohjautuu dosentti H. Schmidtin parissa berliiniläisessä valokuvausammattikoulussa pitämiin luentoihin, jotka tekijä sittemmin on julkaissut kirjana. Sen tarkoituksena on antaa valokuvausalaan kuuluvasta valo-opista lyhyessä muodossa käytännölliset alkeistiedot, jollaisten hankkiminen on erittäin tarpeellista ei ainoastaan ammatti-, vaan amatöörivalokuvaajillekin. Eesityksen helppotajuisuus ja selvyys tekevätkin sen varsin sopivaksi itseopiskelukirjaksi.

Suomalainen laitos on toimitettu pääasiallisesti alkutekstiä noudattaen. Kuitenkin on tehty erinäisiä kehityksen aiheuttamia sekä yksipuolisuuden poistamista tarkoittavia lisäyksiä ja uudistuksia, niin tekstiin kuin kuvitukseenkin nähden. Alkuteoksen lopussa oleva objektiiviluettelo, joka käsittää vain eri objektiivien ja niiden valmistajain nimiä, on kokonaan jätetty pois, koska sellaisella ei ole suurtakaan käytännöllistä merkitystä; sitäpaitsi tällaiset luettelot vanhenevat nopeasti, kun uusia objektiiveja yhtenään ilmestyy kauppaan. Niinikään on jätetty pois objektiivitaulukkoliite, koska siinä esitetyt objektiivimuodot jo sisältyvät tekstikuvitukseen.

Helsingissä, huhtikuussa 1926.

E. P.







## Sisällysluettelo.

Alkulause .....	Siv. 5
I. Yleisiä näkökohtia .....	9
II. Valon heijastuminen .....	10
III. Valaistus .....	12
IV. Valon taittuminen .....	14
V. Vähäisen linseistä .....	21
VI. Valonsäteiden kulku linssin lävitse .....	23
VII. Objektiivin tärkeimmät tunnusmerkit .....	27
1. Polttoväli .....	27
2. Valovoima .....	29
3. Kuvakulma .....	34
VIII. Kuvan laadun, levykoon, polttovälin, kuvakul- man ja valovoiman keskinäinen suhde .....	37
IX. Tarkentaminen ja syvätarkkuus .....	41
X. Objektiivien eri viat .....	47
1. Väripoikkeaminen .....	48
2. Pallopoikkeaminen .....	52
3. Kuva-alan kaarevuus .....	55
4. Astigmatismi .....	56
5. Varjostus .....	59
6. Valo- eli heijastustäplä .....	61
7. Vääräpiirteisyys .....	62
XI. Perspektiiviset virheellisyydet .....	65
1. Koneen kallistamisesta johtuvat vikailmiöt .....	65
2. Liian lyhyestä välimatkasta johtuvat vika- ilmiöt .....	66



3. Liian suuren kuvakulman käyttämisestä johtuvat vikailmiöt .....	68
XII. Objektiivista yleensä .....	69
XIII. Eri objektiivimuodot .....	73
XIV. Eri objektiivisarjat .....	83
XV. Objektiivikerrastot .....	87
XVI. Kauko-objektiivit .....	89
XVII. Objektiivin hoito .....	94
XVIII. Taiteellisen pehmeäpiirteiset kuvat .....	95
Aputaulukko .....	100

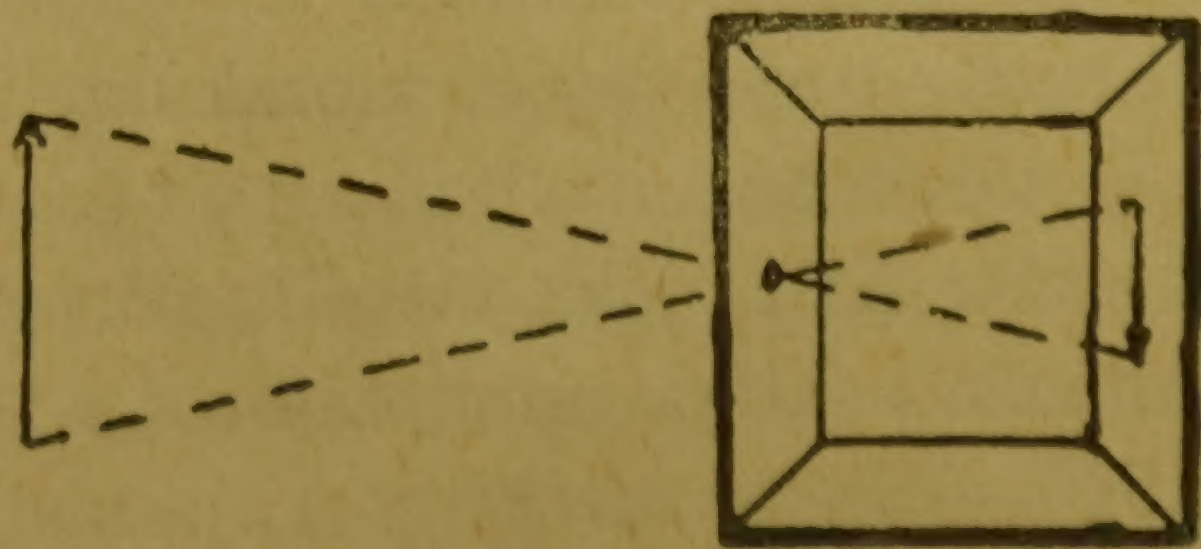


## I. Yleisiä näkökohtia.

Valo-oppi eli optiikka selittää valon ominaisuuksia ja niitä lakeja, joita valoilmiöt noudattavat. Valo ei ole mitään ainetta, vaan loistavasta kappaleesta säteilevää liikettä, joka n. s. maailmaneeetterin välittämänä vaikuttaa silmäämme. Maailmaneeetterillä tarkoitetaan näkymätöntä ainetta, jonka otaksutaan täyttävän koko maailman avaruuden, mutta jonka olemassaoloa ei voida millään fyysisillä tai kemiallisilla keinoilla todistaa. Uudemman käsityksen mukaan valo on sähkömagneettinen ilmiö.

Valo etenee tavattoman nopeasti, ilmattomassa avaruudessa noin 300,000 kilometriä sekunnissa. Ilmassa tämä nopeus hieman vähenee, ja vedessä se on vain  $\frac{3}{4}$ , lasissa  $\frac{2}{3}$  sekä timantissa  $\frac{5}{12}$  edellämainitusta avaruusnopeudesta. Eteneminen tapahtuu joka suuntaan suoraviivaisesti (valonsäteet), mikä näkyy siitäkin, että esineen varjo aina lankeaa valolähteen ja esineen yhdysviivan suoraviivaiselle jatkolle ja että reikäkamerakuva on alkuperäistä esinettä pienempi, ylösalaisin ja sivut vaihdoksissa (kts. kuv.1),

Valo lähtee joko suoraan omavaloisista tai — välillisesti — valaistuihin esineistä, jotka heijastavat niihin lankeavan valon. Omavaloisiin kuuluvat aurinko (ei kuul!),



Kuv. 1. Reikäkamera.

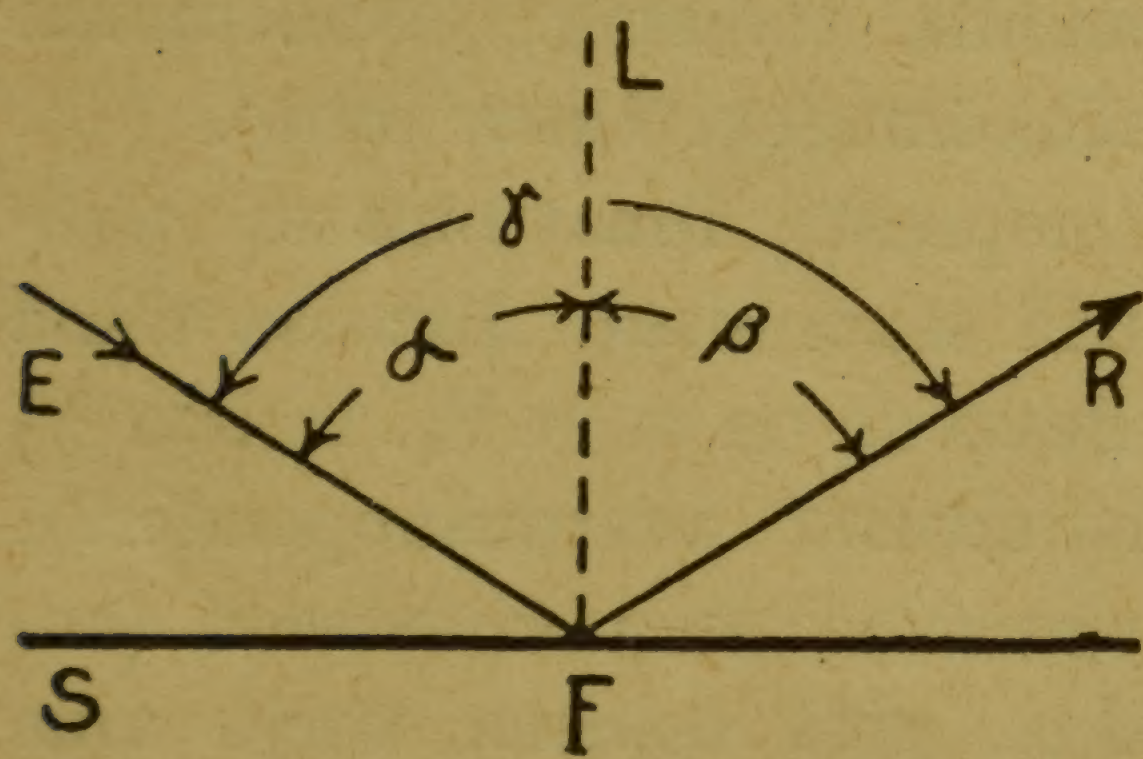


kiintotähdet ja kaikki keinotekoiset valolähteet, kuten esim. sähkövalo, kaas valo j. n. e. Sellaisia kappaleita, jotka eivät itse valaise, vaan heijastavat niihin kohdistunutta valoa, ovat kuu sekä etupäässä kaikki ympärillämme olevat esineet maan päällä.

## II. Valon heijastuminen.

Valon heijastuminen voi olla säännöllistä (peilissä) tai epäsäännöllistä, hajaantunutta (valkeassa paperissa). Säännöllinen heijastuminen (peiliheijastus) tapahtuu aina silloin kun kyseenalaisen esineen pinta on mikroskooppisen tarkasti sileä, muussa tapauksessa on heijastus enemmän tai vähemmän hajanaista.

Heijastuminen tapahtuu määrättyjen, alempana mainittujen lakien mukaisesti.



Kuv. 2. Valonsäteen heijastuminen.

Niiden selitykseksi esitettäköön tässä ensin muutamia valo-opillisia alkeiskäsitteitä. Kuvassa 2 merkitsee S vaakasuorassa asennossa olevaa peilin pintaa ja EF sille vinosti lankeavaa valonsädettä (tulosäde), joka heijastuu suuntaan FR (heijastussäde). Pistettä F, jossa tulosäde sattuu peiliin, sanotaan kantapisteeksi. Tähän kohdistuvaa, peiliä vasten suorakulmaisesti kulkevaa suoraa viivaa LF sanotaan kohtisuoraksi eli normaaliksi. Kulmaa EFL, joka tavallisesti merkitään kreikkalaisella kirjaimella  $\alpha$  (alfa), nimitetään tulo kulmaksi ja kulmaa LFR, yleisesti merkitty kirjaimella  $\beta$  (beta), heijastuskulmaksi. Tulo- ja heijastussäteiden välistä kulmaa  $\gamma$

(gamm  
heijas

1.  
j a s t  
s o s s

2.  
k u i n

Poi  
tuloku

peiliin,  
tuna o

säde s  
omaan

sekä h  
ovat si

Kut  
sen eli

kuva o

1. F  
lin t  
män v

2. J  
t a a n

o n j o  
Koe

ikkuna  
sina.

telinee  
olevan

Val  
kuvaa

kääntä  
nettely

jastusk  
tut la



(gamma) sanotaan poikkeusväliksi. Valonsäteen heijastuminen tapahtuu nyt seuraavien lakien mukaan:

1. Tulosäde EF, kohtisuora LF ja heijastussäde FR ovat aina samassa tasossa (kuvassa 2 paperin tasossa).

2. Heijastuskulma  $\beta$  on aina yhtä suuri kuin tulokulma  $\alpha$ .

Poikkeusväli  $\gamma$  on siis aina kaksi kertaa niin suuri kuin tulokulma  $\alpha$ . Niinmuodoin, jos katsotaan  $45^\circ$  kulmaisesti peiliin, nähdään esine, jonka asema katseen suuntaan verrattuna on  $90^\circ$  kulmainen (suorakulmainen). Mutta jos valonsäde sattuu kohtisuorasti heijastuspintaan, heijastuu se omaan suuntaansa takaisin, jolloin tulosäde, kohtisuora sekä heijastussäde yhtyvät. Tulokulma ja poikkeusväli ovat silloin  $= 0^\circ$ .

Kuten tunnettua muodostaa peili ainoastaan näennäisen eli valekuvan, jota ei voida saada pysyväksi. Tämä kuva on seuraavien lakien alainen:

1. Peilikuva on aina yhtä kaukana peilin takana kuin esinekin sen edessä. (Tämän voi todeta katselemalla itseään jossakin peilissä.

2. Jos peili on vinossa katseen suuntaan nähden, niin sen muodostama kuva on joko vaihtosivuinen tai ylösalainen.

Koe: Pidetään peiliä vinosti silmäin edessä, avatun ikkunan tapaisesti. Silloin nähdään esineet vaihtosivuisina. Kun peiliä pidetään taaksepäin kallellaan nuottitelineen tavoin, silloin näyttävät huoneen kattokoristeet olevan pystysuorassa asennossa.

Valokuvauksessa käytetään peiliä heijastajana valokuvaa otettaessa ja korjailutelineessä, niinikään kuvan kääntämiseen jäljennyspeilissä tai prismana jäljennysmenettelyssä (autotypiassa, valopainossa y.m.), samoin peiliheijastuskamerassa ja etsijöissä. Tällöin tulevat yllämainitut lait kysymykseen. Vasten tahtoa on heijastuksella

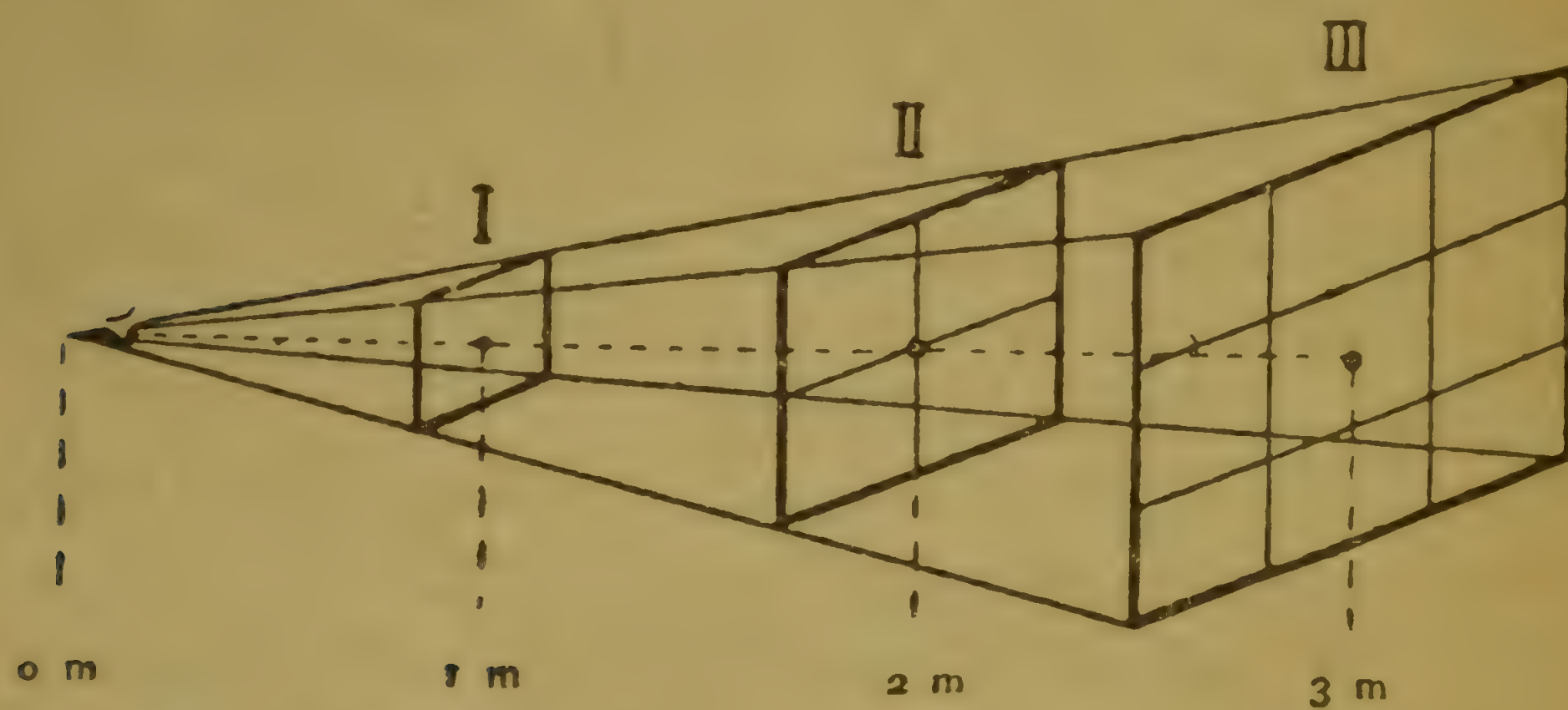


toisinaan merkityksensä myös valokuvattaessa näyteikkunoita, vahvasti vernissattuja tai lasilla päällystettyjä tauluja, kiilloitettuja huonekaluja y. m.

### III. Valaistus.

Kun valo sattuu johonkin esineeseen, tulee esine sitä vähemmän valaistuksi mitä kauempana valolähteestä se on. Tähän nähden on olemassa seuraava sääntö:

Valaistus (valon voima) vähenee neliösuhteessa<sup>1)</sup> valolähteen etäisyyteen.



Kuv. 3. Valaistuksen väheneminen neliösuhteessa etäisyyteen.

Tästä johtuu, että esim. 2-metrin etäisyydessä valolähteestä oleva esine on valaistu  $2 \times 2$  eli 4 kertaa heikommin kuin 1 metrin etäisyydessä oleva, samoin 3 metrin etäisyydessä oleva esine  $3 \times 3$  eli 9 kertaa heikommin kuin 1 metrin etäisyydessä oleva tai  $2\frac{1}{4}$  kertaa heikommin kuin 2 metrin etäisyydessä oleva, sillä 3:n neliö eli 9 on  $2\frac{1}{4}$  kertaa niin suuri kuin 2:n neliö eli 4 ( $9:4 = 2,25 = 2\frac{1}{4}$ ).

Edellä mainittu sääntö on tärkeä suurennuksia tehtäessä, jolloin 3 metrin päässä objektiivista olevaa paperia

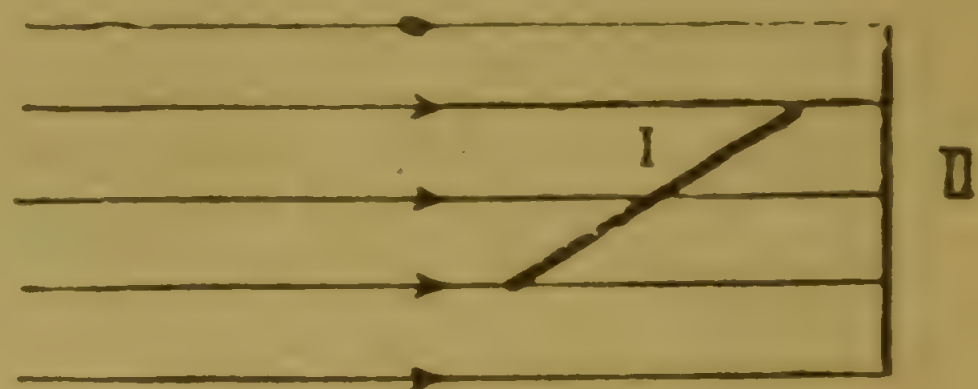
<sup>1)</sup> Jonkun luvun neliöllä tarkoitetaan tulosta, joka saadaan kun luku kerrotaan itsellään. Luvun 2 neliö on siis  $2 \times 2 = 4$ ; 3:n neliö  $3 \times 3 = 9$ ; 4:n neliö  $4 \times 4 = 16$  j. n. e.



on valotettava ei vain 2 kertaa, vaan  $2 \times 2$  eli 4 kertaa niin paljon kuin  $1 \frac{1}{2}$  metrin päässä olevaa, sillä etäisyyden kaksinkertaistuuessa (3 m.  $1 \frac{1}{2}$  asemesta) on valaistus yllämainitun säännön mukaan  $2 \times 2$  eli 4 kertaa, eikä vain 2 kertaa, pienempi.

Valaistuksen vähenemisen neliösuhteessa etäisyyteen osoittaa havainnollisesti kuva 3, josta näkyy, että sama määrä valonsäteitä valaisee kaksinkertaisessa etäisyydessä (II) neljä kertaa ja kolminkertaisessa etäisyydessä (III) yhdeksän kertaa niin suuren alan kuin 1:kertaisessa etäisyydessä (I). On selvää, että kun sama määrä valonsäteitä jakaantuu 9 kertaa suuremmalle alalle, jokaisen osan siitä täytyy saada valoa 9 kertaa vähemmän.

Sääntö valaistuksen vähentämisestä neliösuhteessa etäisyyteen tulee kysymykseen, paitsi suurennettaessa, monissa muissakin valokuvaustehtävissä, kuten esim. diapositiivien valottamisessa, salamavaloa tai yleensä keinotekoisia valoa käytettäessä j. n. e.



Kuv. 4. Valaistuksen väheneminen pinnan viistouden mukaan.

Mutta ei ainoastaan etäisyys, vaan myöskin esineen asento valoon nähden vaikuttaa sen valaistukseen siten, että mitä kohtisuoremmin valo esineeseen kohdistuu, sitä vahvempi on valaistus. Tämä ilmiö johtuu siitä että, kuten kuvasta 4 näkyy, esineen ollessa viistoasennossa (I) siihen sattuu vähemmän valonsäteitä kuin sen kohtisuorana ollessa. Puheenalainen sääntö tulee kysymykseen taka-alan ja alkuperäiskuvien valaistuksessa (jäljennettäessä tauluja, piirustuksia y. m.), samoin sijoitettaessa heijastusvarjostimia muotokuvia otettaessa.



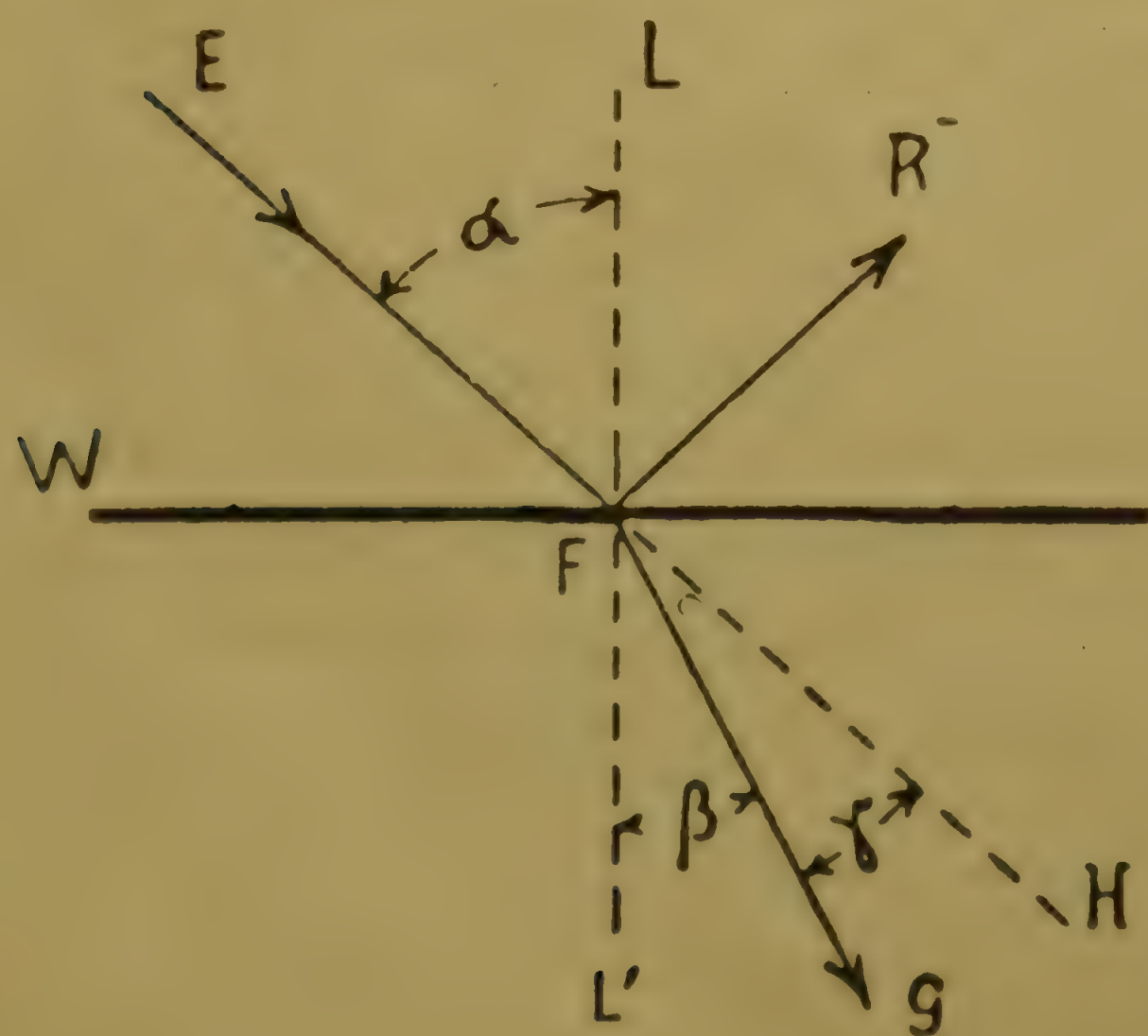
## IV. Valon taittuminen.

(Poikkeaminen ja värihajaantuminen).

On olemassa läpinäkyviä, läpikuultavia ja läpinäkyttömiä aineita. Läpinäkyviä ovat esim. ikkunalasi, pullolasi, vesi- j. n. e., jolloin on samantekevää onko aine värillistä tai väritöntä. Läpikuultavaa ainetta on esim. valokuvauskoneen himmeä lasi (tähyslasi), ohut paperi, y. m. s. Läpinäkyttömiin kuuluvat kaikki kappaleet, jotka eivät ensinkään laske valoa lävitseen.

Kun valonsäde lankeaa läpinäkyvälle aineelle, niin se osaksi heijastuu aineen pinnasta edellä mainittujen lakien mukaisesti, osaksi tunkeutuu aineen sisään, jolloin se poikkeaa alkuperäisestä suunnastaan eli, kuten sanotaan, taittuu. Koska valonsäteiden taittumisesta läpinäkyvässä aineessa riippuu optillisten (valo-opillisten) linssien rakenne, tarkastetaan seuraavilla riveillä tässä kysymyseen tulevia lakeja.

Kuvassa 5 tarkoittaa W kahden aineen, esim. ilman ja veden välirajaa ja EF tätä vasten vinosti lankeavaa valonsädettä, tulosädettä; F merkitsee kantapistettä ja LF



Kuv. 5. Valonsäteiden taittuminen.

siihen kohdistuvaa kohtisuoraa, joka ajatellaan ulottuvaksi molempiin aineisiin. Osa valosta heijastuu nyt suuntaan R, toinen osa tunkeutuu veteen, mutta ei kulje enää alkuperäisessä suunnassaan, vaan taittuu pisteessä F ja jatkaa matkaansa suuntaan FG. Viimemainittua säteen osaa sanotaan taittu-



neeksi. Kulmaa EFL sanotaan tulokulmaksi ( $\alpha$ ) ja kulmaa GFL' taittekulmaksi ( $\beta$ ). Kulmaa HFG ( $\gamma$ ), s. o. tulosäteen ja taittuneen säteen suunnan erotusta nimitetään poikkeamiseksi.

Valon taittuminen noudattaa siis seuraavia valo-opillisiä lakeja:

Kun valonsäde menee valo-opillisesti tiheämpään aineeseen, taittuu se kohtisuoraan päin, mutta jos se päinvastoin menee valo-opillisesti ohuempaan, taittuu se kohtisuorasta poispäin. Viimemainittu selviää helposti edellisestä, jos kuvassa 5 ajatellaan valon kulkevan päinvastaiseen suuntaan, jolloin säde GF on tulo- ja FE taittunut säde.

Tiheämmällä valo-opillisella aineella tarkoitetaan sellaista, joka taittaa valonsäteen enemmän kuin toinen. Sitä on sarjassa: ilma, vesi, lasi, rikkihiili, timantti j. n. e. jokainen seuraava edellistään valo-opillisesti tiheämpi. Jos siis valonsäde menee esim. ilmasta lasiin, taittuu se kohtisuoraan päin, koska lasi on valo-opillisesti tiheämpää kuin ilma. Mutta jos valonsäde menee lasista ilmaan, taittuu se kohtisuorasta poispäin, koska ilma on valo-opillisesti ohuempaa kuin lasi.

Jos valonsäde lankeaa kohtisuorasti kahden aineen rajapinnalle, niin se ei taitu, vaan kulkee alkuperäiseen suuntaansa suoraviivaisesti.

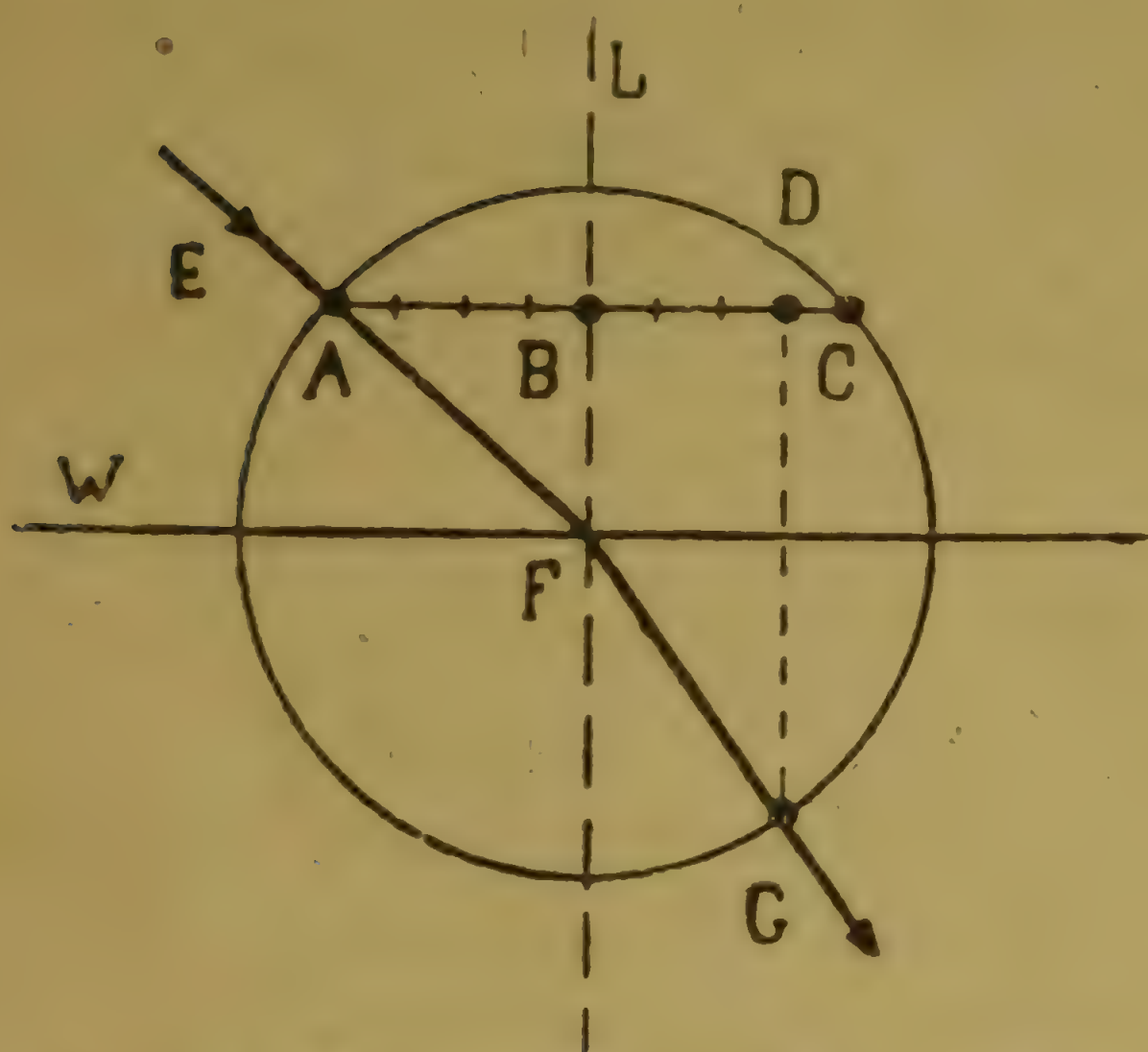
Taittumisessa pitää myös paikkansa aivan sama sääntö kuin heijastumisessakin, nimittäin että taittunut säde on aina samassa tasossa kuin tulosäde ja kohtisuora.

Edellä sanotusta tiedämme, että valonsäde menestään tiheämpään aineeseen, taittuu kohtisuoraan päin. Mutta taittumismäärän selville saamiseksi on tunnettava kummankin kyseenalaisen aineen, esim. ilman  $\rightarrow$  lasin tai lasin  $\rightarrow$  ilman, taittosuhde eli taittokertoin. Tämä taitto-



suhde on esim. ilman ja lasin välillä, lasilajista ja valonsäteen väristä riippuen, noin 1,4—1,6, keskimäärin siis 1,5 eli  $\frac{3}{2}$ , ilman ja veden taas 1,33 eli  $\frac{4}{3}$ . Näiden lukujen merkitys selviää seuraavasta.

Kuvassa 6 merkitsee W kummankin aineen, ilman ja veden, rajapintaa. Kuten edellä mainittiin on näiden aineiden taittosuhde  $\frac{4}{3}$ . EF on tulosäde, F kantapiste ja



Kuv. 6. Taittuneen valonsäteen suunta.

alkaen pisteestä B ja päättyen pisteeseen D. Pisteestä D piirretään nyt L:n suuntainen viiva niin, että se leikkaa ympyrän kehän pisteessä G. Sitten yhdistetään pisteet F ja G, jolloin saadaan taittuneen säteen todellinen suunta (FG).

Edellä mainittujen sääntöjen mukaan voidaan helposti määrätä valonsäteen kulku prisman (särmion), tasalaa'an levyn y. m. lävitse. Prismalla tarkoitetaan valopissa lasikappaletta, jota rajoittaa kaksi katonmuotoisesti toisiaan vasten nojaavaa tasaista pintaa (I ja II kuv. 7). Pintojen välistä kulmaa  $\alpha$  sanotaan prisman taittokulmaksi ja särmää A, jossa molemmat sivut leikkaavat tai kylliksi pidennettyinä leikkaisivat toisensa, sanotaan prisman taittosärmäksi.

LF kohtisuora. F keskipisteenä piirretään mielivaltaisen ympyrä, jonka kehä leikkaa tulosäteen EF pisteessä A. Sitten pisteestä A piirretään W:n suuntainen suora viiva, joka leikkaa kohtisuoran L pisteessä B ja ympyrän kehän pisteessä C. Väli AB jaetaan neljään yhtäsuureen osaan joista kolme osaa — koska ilman ja veden taittosuhde on  $\frac{4}{3}$  — mitataan viivalle BC,

lem  
ett  
suu  
levy  
E  
tait  
tun  
edel  
taas  
aine  
paht  
sen p  
(II).  
tällö  
opilli  
paan  
maan  
kohti  
päin.  
pinna  
vasta  
läpi k  
seen s  
Tämä  
noin 1  
Siten  
Tällai  
losuoc  
ja sen  
sa pa  
kysym  
Sa  
helpos  
vassa  
Valokuva

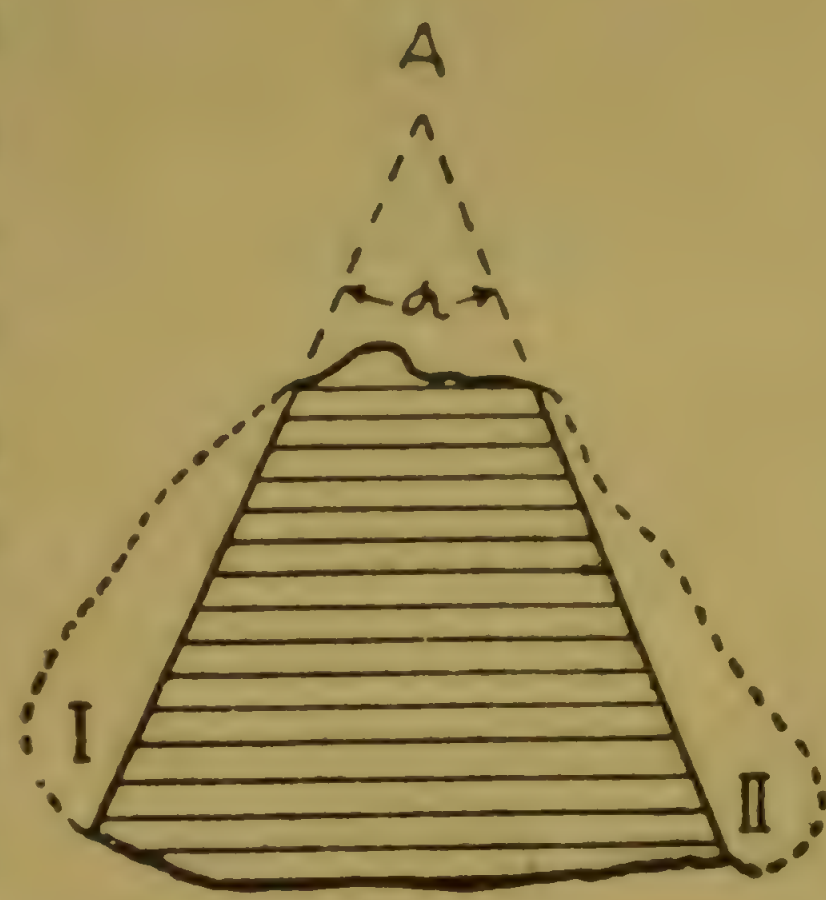


Tasalaa'alla levyllä tarkoitetaan lasilevyä, jonka molemmat sivut ovat täysin tasaiset ja joka on hiottu niin, että kummatkin sivut ovat keskenään tarkalleen samansuuntaiset. Kuva 8 osoittaa valonsäteen kulkua tasalaa'an levyn lävitse. Etupinnalle (I) vinosti kohdistuva valonsäde, E menee ilmasta valo-opillisesti tiheämpään aineeseen ja taittuu siis kohtisuoraan päin. Taittuneena säde kulkee muut-

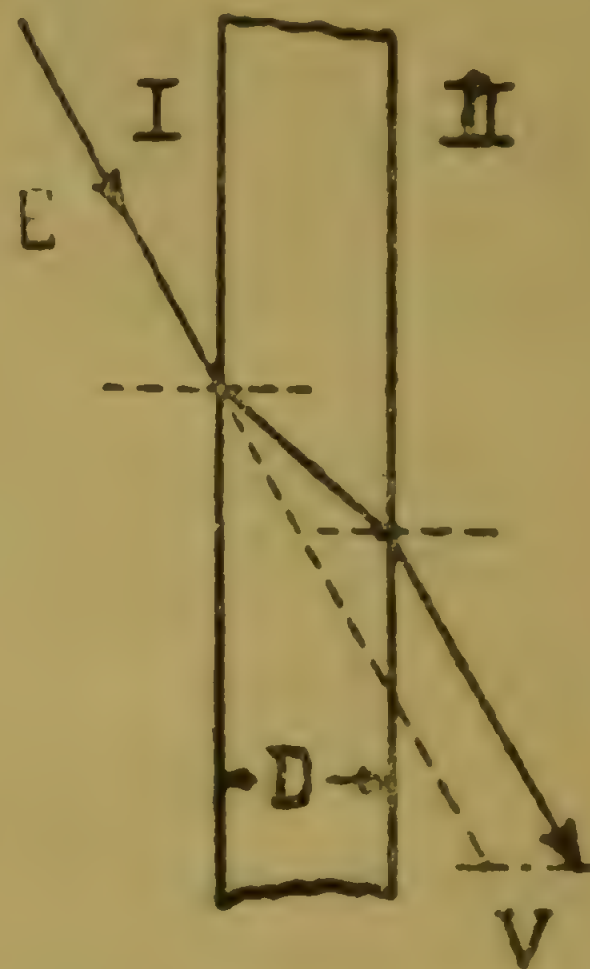
tunutta suuntaansa edelleen, kunnes se taas joutuu uuteen aineeseen, mikä tapahtuu levyn toisen pinnan kohdalla (II). Kun valonsäde tällöin siirtyy valo-opillisesti ohuempaan aineeseen (ilmaan), taittuu se kohtisuorasta pois-

päin. Mutta koska pinnan II kohdalla tapahtuva suunnan muutos on aivan päinvastainen kuin pinnan I kohdalla, on luonnollista, että lasilevyn läpi kulkenut valonsäde jatkaa edelleen matkaansa alkuperäiseen suuntaansa, vaikkakin vähäisen sivullepäin siirtyneenä. Tämä siirtyminen (V) vaakasuoraan suuntaan mitattuna tekee noin  $\frac{1}{3}$  kysymyksessä olevan tasalaa'an levyn vahvuudesta. Siten levyn ollessa esim. 6 mm vahvuinen, siirtyminen on 2 mm. Tällainen valonsäteiden siirtyminen esiintyy käytännössä valosuodattimia (kelta- ja kolmivärisuodattimia) käytettäessä, ja senvuoksi tavallisesti tarkennetaankin suodattimien ollessa paikoillaan, milloin mahdollisimman suuri tarkkuus on kysymyksessä.

Samaten voidaan edellämainittujen sääntöjen avulla helposti laskea myös valonsäteen kulku prisman läpi. Kuvassa 9 osoittavat I ja II prisman kumpaakin pintaa ja E



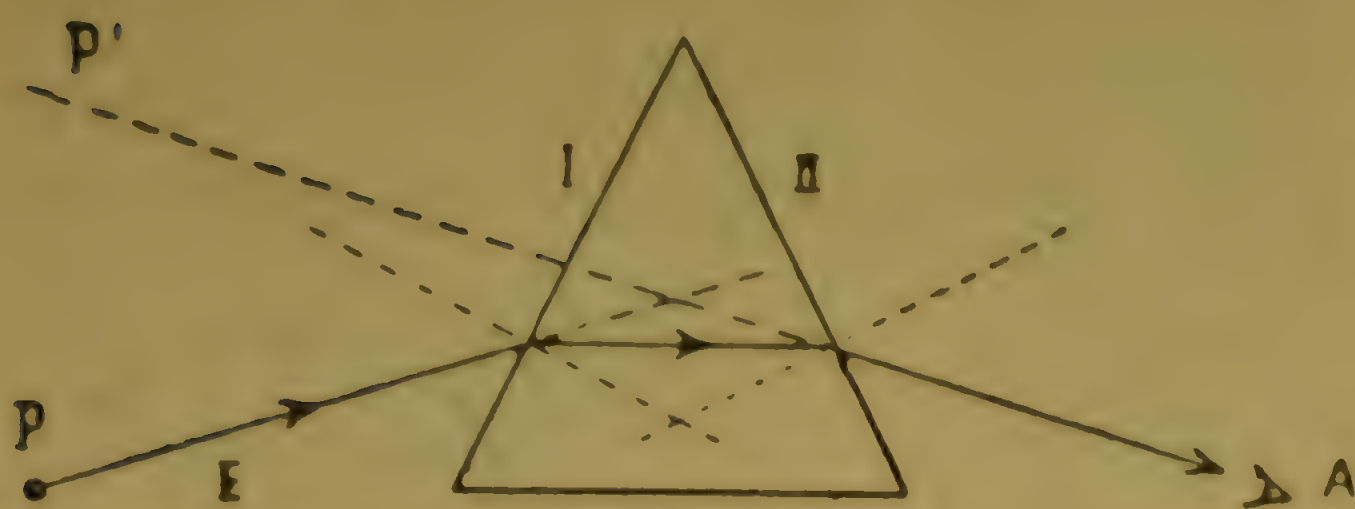
Kuv. 7. Prisma.



Kuv. 8. Valonsäteen kulku tasalaa'an lasin lävitse.



tulosädetä. Tämä taittuu ensimmäisen pinnan kohdalla kohtisuoraan päin ja menee sitten uutta suuntaansa edelleen, kunnes se tulee pintaan II; tässä se taas poistuu ilmaan, siis ohuempaan aineeseen, ja taittuu niinmuodoin



Kuv. 9. Valonsäteen kulku prisman lävitse.

kohtisuorasta poispäin. Kun silmä A katsoo tämän poistuvan säteen suuntaan prisman läpi, näkee se pisteen Paivan toisessa paikassa P', kuin se todellisuudessa on.

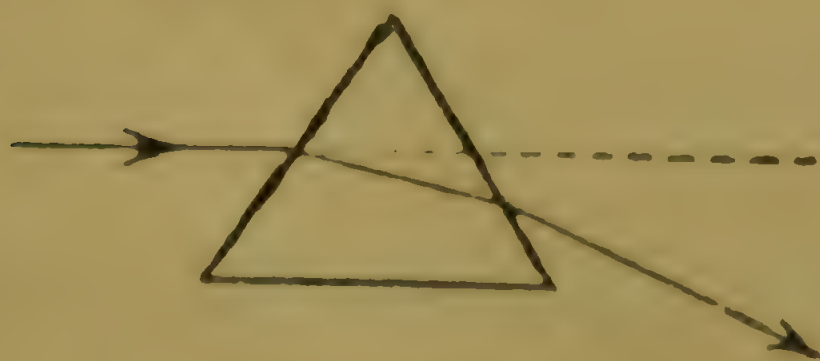
Edellä sanotusta johtuu seuraava sääntö:

Kulkiessaan prisman läpi valonsäde taittuu aina taittosärmästä poispäin.

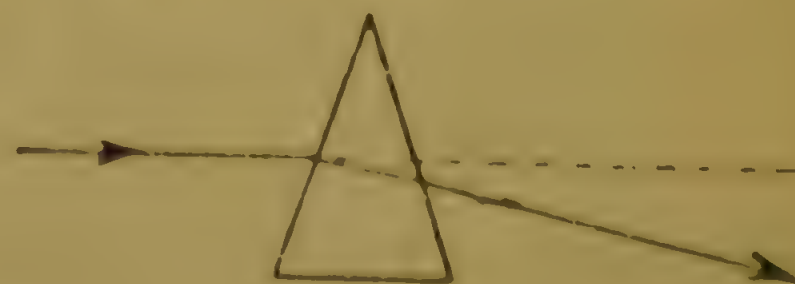
Jos valo suunnataan prismoihin, joiden taittokulmat ovat eri suuret, nähdään että prisma, jonka taittokulma on suurempi, taittaa säteet enemmän kuin se, jonka taittokulma on pienempi (kts. kuv. 10 ja 11). Tästä seikasta johtuu n. s. pallopoikkeaminen, josta edempänä puhutaan.

Valoa on sekä yksinkertaista että yhdistettyä; viimeksimainittu on luonnossa tavallisinta. Aurinko, kuu ja tähdet, samoin kuin kaikki keinotekoiset valolähteet säteilevät yhdistettyä valoa. Vain sateenkaaren värit ja prisman muodostamat n. s. spektrivärit ovat yksinkertaista valoa.

Päivänvalo on punaisen, punakeltaisen (oranssin), keltaisen, vihreän, sinisen, tummansinisen (indigon) ja punasinervän (violetin) yhdistys. Tätä väriasteikkoa sanotaan



Kuv. 10. Prisma, jonka taittokulma ja taittokyky on suuri.

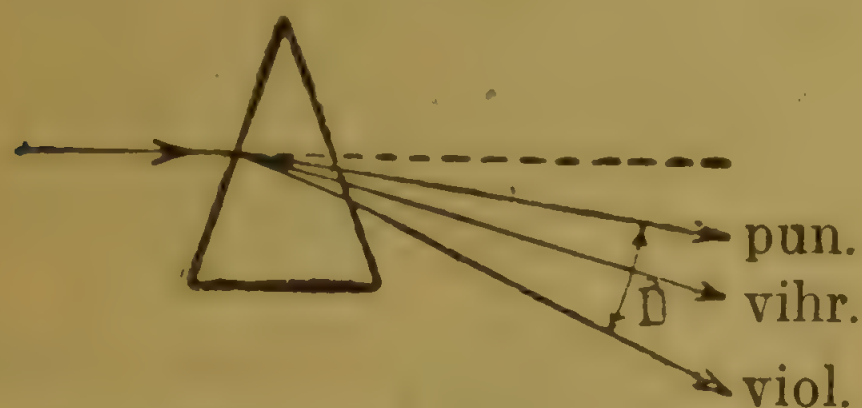


Kuv. 11. Prisma, jonka taittokulma ja taittokyky on pieni.



spektriksi, (s. o. näkyvä). Paitsi näitä näkyviä säteitä on myös olemassa näkymättömiä, nimittäin ultravioletti- ja infrapunaiset säteet. Ensinmainituilla on valokuvauksessa tärkeä merkityksensä, koska useimmat valokuvauskalvot ovat erittäin herkkiä niille. — Sen tosiasian, että päivänvalo on kokoonpantu sarjasta erilaisia valonsäteitä, havaitsi ensinnä englantilainen fyysikko Newton 1600-luvun lopulla.

Jos yhdistetty eli n. s. valkoinen valonsäde sattuu prismaan, hajaantuu se yksinkertaisiin säteihinsä (spektrisäteihin).<sup>1)</sup>



Kuv. 12. Väripoikkeaminen prismaassa.



Kuv. 13. Päinvastainen järjestys ja vaikutus kuin kuv. 12.

Kukin näistä spektrisäteistä taas taittuu prismaassa siten, että punaiset taittuvat vähemmän kuin punasinervät, ja niiden välillä muut edellä mainitussa järjestyksessä.

Punaisia, punakeltaisia, keltaisia ja vihreitä säteitä sanotaan optillisiksi, koska ne näyttävät silmään erikoisen kirkkailta; sinisiä, punasinerviä ja ultraviolettisäteitä taas sanotaan kemiallisiksi, koska ne vaikuttavat erikoisen voimakkaasti valokuvauskalvoihin.

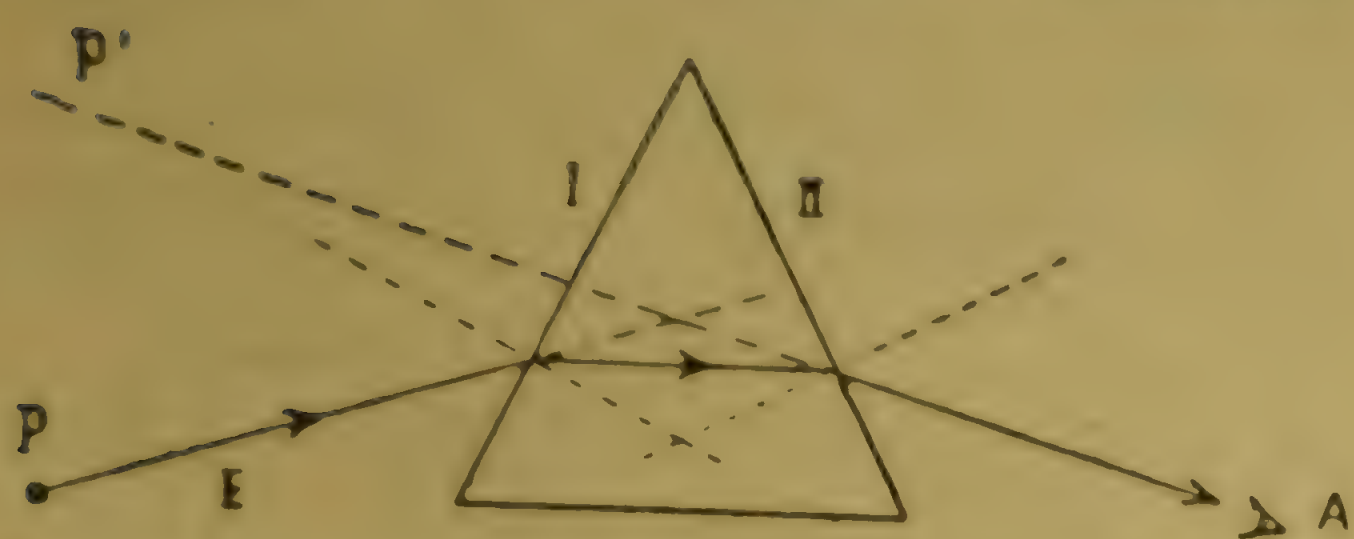
Jos prisma asetetaan taittosärmä ylöspäin, taittuvat säteet alaspäin, ja päinvastoin (kts. kuv. 12 ja 13).

Valon hajaantumista prismaassa (kuv. 12 ja 13 D) sanotaan väripoikkeamiseksi. Se ei riipu ainoastaan taittokulman suuruudesta, vaan myös mistä lasilajista kyseenalainen prisma on tehty.

<sup>1)</sup> Yksinkertainen valonsäde sitävastoin vain taittuu prismaassa, mutta ei hajaannu.



tulosäde. Tämä taittuu ensimmäisen pinnan kohdalla kohtisuoraan päin ja menee sitten uutta suuntaansa edelleen, kunnes se tulee pintaan II; tässä se taas poistuu ilmaan, siis ohuempaan aineeseen, ja taittuu niinmuotoin



Kuv. 9. Valonsäteen kulku prisman lävitse.

kohtisuorasta poispäin. Kun silmä A katsoo tämän poistuvan säteen suuntaan prisman läpi, näkee se pisteen Paivan toisessa paikassa  $P'$ , kuin se todellisuudessa on.

Edellä sanotusta johtuu seuraava sääntö:

Kulkiessaan prisman läpi valonsäde taittuu aina taittosärmästä poispäin.

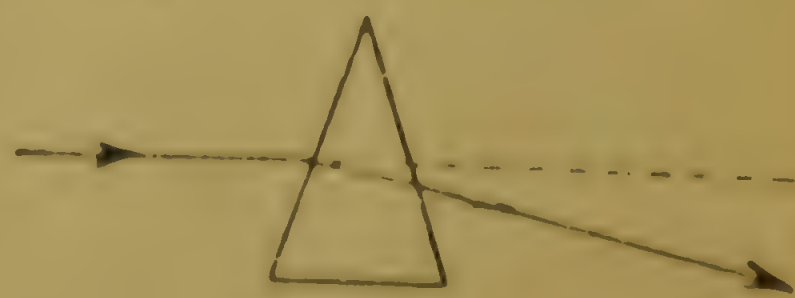
Jos valo suunnataan prismoihin, joiden taittokulmat ovat eri suuret, nähdään että prisma, jonka taittokulma on suurempi, taittaa säteet enemmän kuin se, jonka taittokulma on pienempi (kts. kuv. 10 ja 11). Tästä seikasta johtuu n. s. pallopoikkeaminen, josta edempänä puhutaan.

Valoa on sekä yksinkertaista että yhdistettyä; viimeksimainittu on luonnossa tavallisinta. Aurinko, kuu ja tähdet, samoin kuin kaikki keinotekoiset valolähteet säteilevät yhdistettyä valoa. Vain sateenkaaren värit ja prisman muodostamat n. s. spektrivärit ovat yksinkertaista valoa.

Päivänvalo on punaisen, punakeltaisen (oranssin), keltaisen, vihreän, sinisen, tummansinisen (indigon) ja punasinervän (violetin) yhdistys. Tätä väriasteikkoa sanotaan



Kuv. 10. Prisma, jonka taittokulma ja taittokyky on suuri.



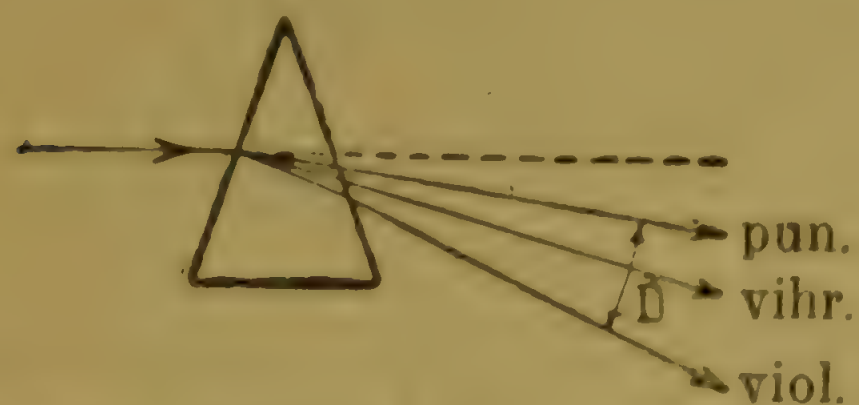
Kuv. 11. Prisma, jonka taittokulma ja taittokyky on pieni.

Kuk  
että  
pun  
tussa  
P  
notaa  
eriko  
säteit  
kutta  
Jo  
säteet  
Va  
taan  
taan  
lajista  
1) V  
massa,

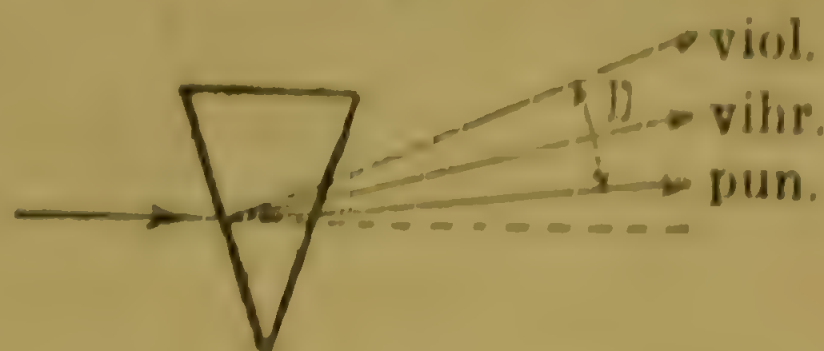


spektriksi, (s. o. näkyvä). Paitsi näitä näkyviä säteitä on myös olemassa näkymättömiä, nimittäin ultraviolett- ja infrapunaiset säteet. Ensinmainituilla on valokuvauksessa tärkeä merkityksensä, koska useimmat valokuvauskalvot ovat erittäin herkkiä niille. — Sen tosiasian, että päivänvalo on kokoonpantu sarjasta erilaisia valonsäteitä, havaitsi ensinnä englantilainen fyysikko Newton 1600-luvun lopulla.

Jos yhdistetty eli n. s. valkoinen valonsäde sattuu prismaan, hajaantuu se yksinkertaisiin säteihinsä (spektrisäteihin).<sup>1)</sup>



Kuv. 12. Väripoikkeaminen prismassa.



Kuv. 13. Päinvastainen järjestys ja vaikutus kuin kuv. 12.

Kukin näistä spektrisäteistä taas taittuu prismassa siten, että punaiset taittuvat vähemmän kuin punasinervät, ja niiden välillä muut edellä mainitussa järjestyksessä.

Punaisia, punakeltaisia, keltaisia ja vihreitä säteitä sanotaan optillisiksi, koska ne näyttävät silmään erikoisen kirkkailta; sinisiä, punasinerviä ja ultraviolettisäteitä taas sanotaan kemiallisiksi, koska ne vaikuttavat erikoisen voimakkaasti valokuvauskalvoihin.

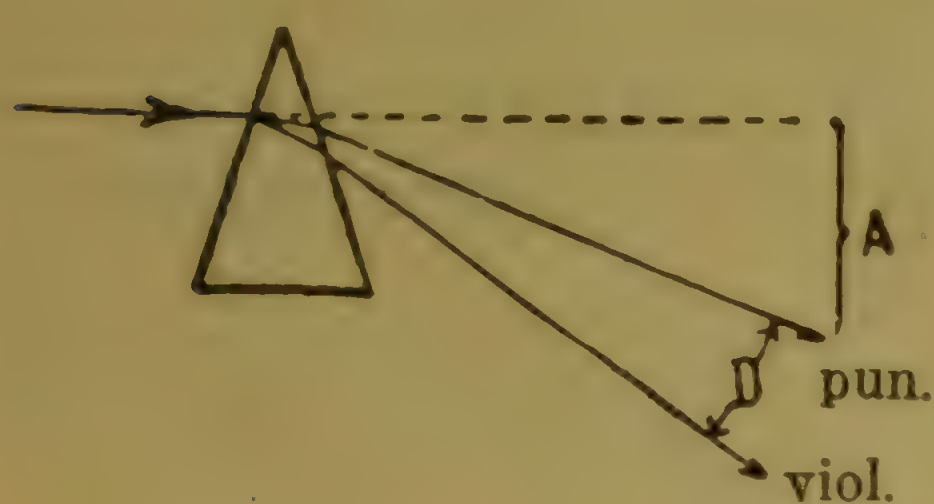
Jos prisma asetetaan taittosärmä ylöspäin, taittuvat säteet alaspäin, ja päinvastoin (kts. kuv. 12 ja 13).

Valon hajaantumista prismassa (kuv. 12 ja 13 D) sanotaan väripoikkeamiseksi. Se ei riipu ainoastaan taittokulman suuruudesta, vaan myös mistä lasilajista kyseenalainen prisma on tehty.

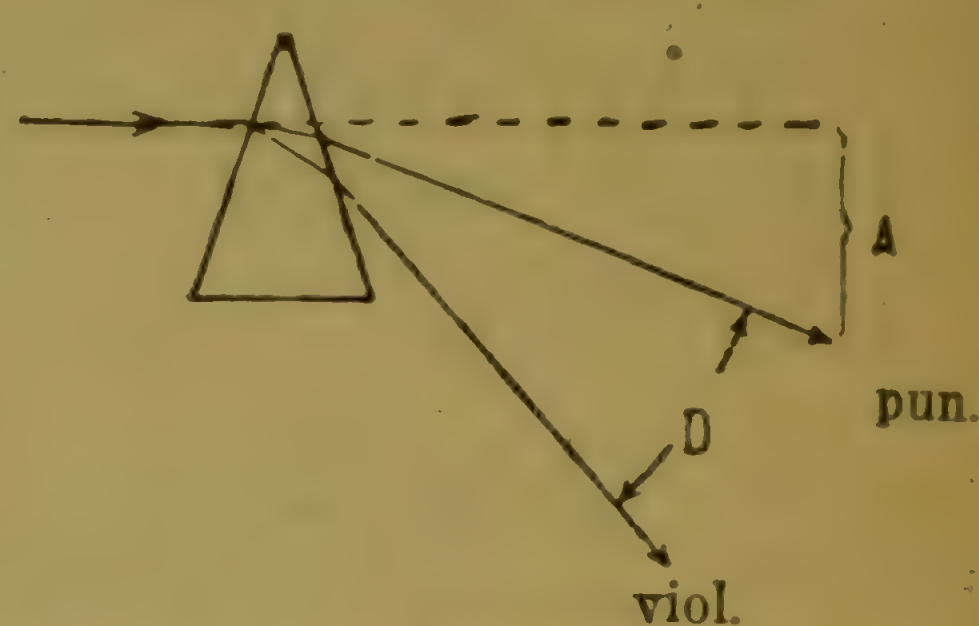
<sup>1)</sup> Yksinkertainen valonsäde sitävastoin vain taittuu prismassa, mutta ei hajaannu.



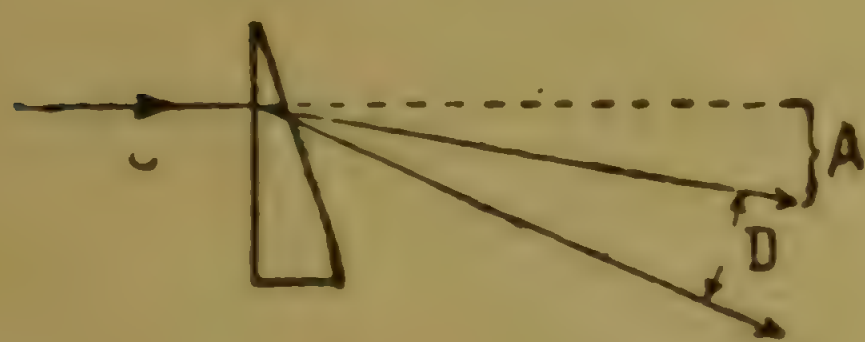
Kuten edellä esitetystä selviää on valon taittumisessa, sen kulkiessa prisman läpi, huomattava kaksi eri puolta: ensiksikin kaikkien valonsäteitten yleinen poikkeaminen alkuperäisestä suunnastaan enemmän tai vähemmän, ja toiseksi eriväristen säteitten hajaantuminen eli väripoikkeaminen. Tähän nähden on eri lasilajeilla eri ominaisuudet. On olemassa lasilajeja, joiden yleispoikkeaminen (kuv. 14 ja 15 A) on jotakuinkin samansuuruinen, mutta väri-



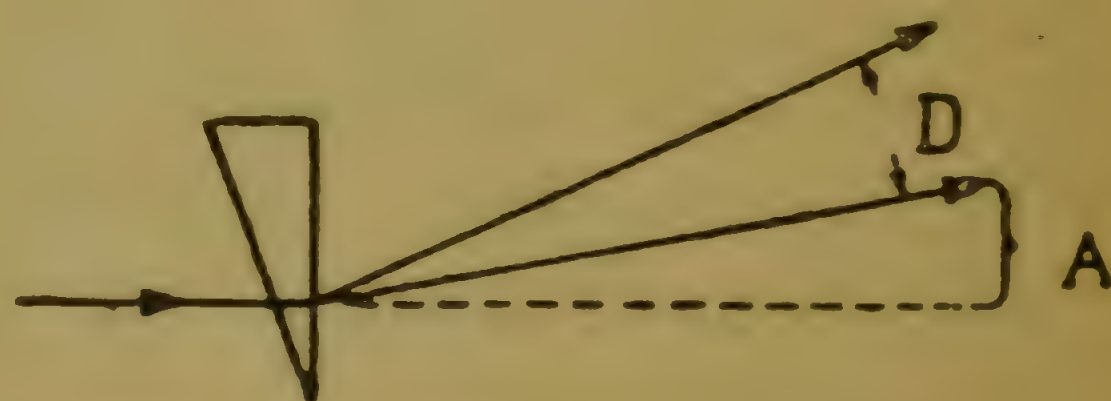
Kuv. 14. Yleis- ja väripoikkeaminen ruunulasiprismassa.



Kuv. 15. Yleis- ja väripoikkeaminen piilasiprismassa.



Kuv. 16 Yleis- ja väripoikkeaminen puolta pienemmässä piilasiprismassa.



Kuv. 17. Päinvastainen vaikutus kuin kuv. 16.

poikkeaminen sen sijaan eri suuri (kuv. 14 ja 15 D). Sellaista lasia, jonka väripoikkeaminen on pieni, sanotaan ruunulaksi, sellaista taas, jonka väripoikkeaminen (prisman taittokulman ollessa samanlainen) on suuri, sanotaan piilaksi.

Edellä sanotusta huomataan helposti, että valitsemalla sopiva taittokulma voidaan tehdä kaksi prismaa, toinen ruunu- ja toinen piilasista, joiden väripoikkeaminen on yhtä suuri, mutta yleispoikkeaminen eri suuri (kuv. 14 ja 16). Jos nämä liitetään yhteen siten, että taittokulmat tulevat vastakkaisiin suuntiin (kuv. 18), saadaan järjes-



telmi, jossa ei ole väripoikkeamista<sup>1)</sup> mutta sitävastoin kyllä yleispoikkeaminen. Sellaista prismayhdistelmää sanotaan *akromaattiseksi* (kreik. *a* = ei, ja *kroma* = väri).

Ruunu- ja piilasin erilainen suhde valonsäteisiin johtuu niiden kemiallisesta kokoomuksesta. Piilasi on lyijypitoista, ruunulasissa taas ei tätä ainetta ole.

Akromaattinen prisma on siis ruunu- ja piilasiprisman yhdistelmä, joka taittaa valonsäteet, mutta ei hajoita niitä eri väreiksi.

Akromaattisen prisman tarkastelu tekee mahdolliseksi selittää akromaattisten linssien ominaisuuksia.



Kuv. 18. Yhdistetyn ruunu- ja piilasiprisman vaikutus (kuv. 14 ja 17).

## V. Vähäisen linsseistä.

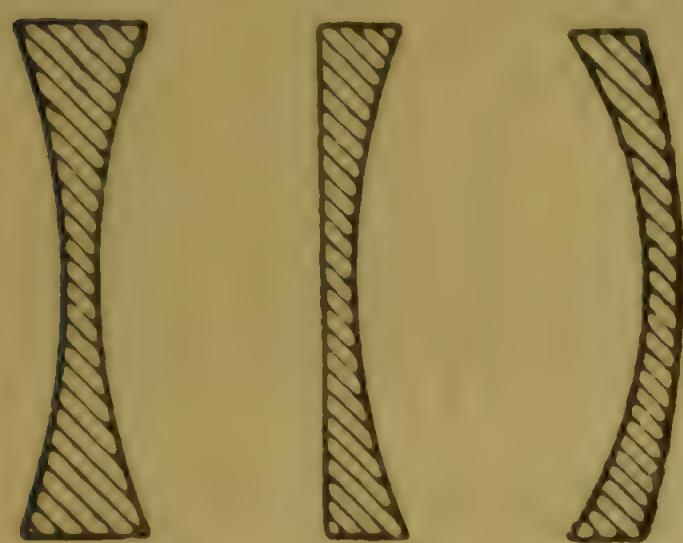
Linssillä tarkoitetaan valo-opissa jostakin läpinäkyvästä aineesta, esim. lasista, kvartsista y. m. tehtyä kappaletta, jota rajoittaa joko kaksi pallonpinnan muotoista pintaa tai yksi tasainen ja toinen pallonpinnan muotoinen pinta. Linssit jaetaan *kokoaviin* ja *hajoittaviin*, sen mukaan miten ne vaikuttavat niihin yhdensuuntaisina kohdistuviin, esim. auringosta tuleviin valonsäteihin. Kokoavia linssejä sanotaan myös *kuperiksi* tai *positiivisiksi*, hajoittavia taas *koveriksi* tai *negatiivisiksi*. Kokoavat linssit ovat aina keskeltä paksumpia kuin reunoilta, hajoittavissa linsseissä on asianlaita päinvastainen.

<sup>1)</sup> Toisen prisman väripoikkeamisen tasoittaa toisen saman suuruisen, mutta päinvastainen väripoikkeaminen.





Kuv. 19, 20 ja 21.  
Kokoavia linssejä.



Kuv. 22, 23 ja 24.  
Hajoittavia linssejä.

Kupera linssejä on kolmenlaisia:  
kaksoiskupera (kuv. 19),  
tasakupera (kuv. 20) ja  
koverankupera (kuv. 21).

Koveria on niinikään kolmea lajia:  
kaksoiskoveria (kuv. 22),  
tasakoveria (kuv. 23) ja  
kuperankoveria (kuv. 24).

On huomioon otettava erotus koverankuperan ja kuperankoveran linssin välillä. Edellinen (kuv. 21) on kupera linssi, jonka toinen pinta on kovera, viimeksimainittu (kuv. 24) taas on kovera linssi, jonka toinen pinta on kupera. Pääpaino on sanayhdistelmän viimei-

sellä osalla. (Esimerkkinä samanlaisista nimityksistä mainittakoon yhdyssanat negatiivipaperi ja paperinegatiivi, joista edellinen tarkoittaa negatiivin valmistukseen käytettävää paperia, jälkimmäinen taas paperille tehtyä valmista negatiivia.)

Kuvan ottamiseen käytettäviä linssejä nimitetään objektiiviksi.

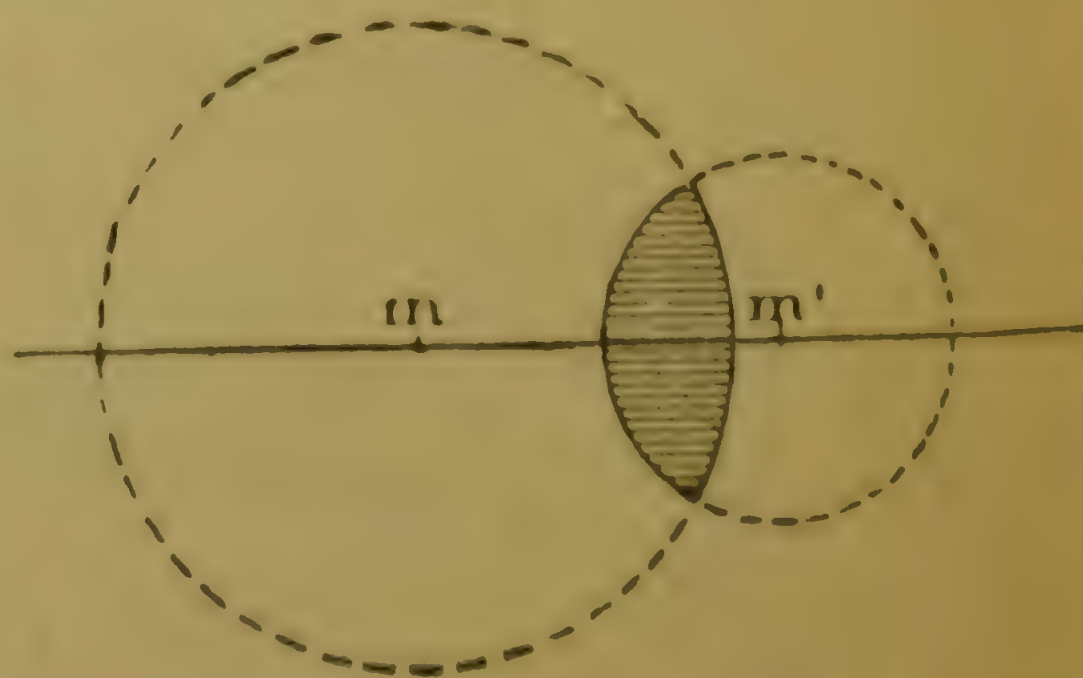
Kaikki linssit voidaan ajatella kokoonpannuiksi prismoista, joiden taittokulmat ovat erilaiset; siten kokoavat linssit (kuv. 25) prismoista, joiden taittokulmat ovat keskustasta poispäin, ja hajoittavat linssit (kuv. 26) päinvas- taiseen järjestykseen asetetuista prismoista.



Kuv. 25.  
Linssien muodostuminen prismoista.



Kuv. 26.



Kuv. 27.  
Valo-opillinen akseli.

Edell  
hutaan  
kuitenka  
pinta-ala  
laisia val  
keä merk

Vasta  
män yht  
selillä  
kun yhd  
muodosta  
Valo-opil  
viiva. J  
s a m a k  
t u a n i  
s i e n  
m a k s i  
sanotaan  
vin paljo  
melkoises  
tuksesta  
putoamis

Koko  
kaukaa  
sin taka  
piste  
sin kesk  
tavat lin  
säteet, i



Edellä sanotusta selviää, miksi linsseihin nähden puhutaan prismamaisesta vaikutuksesta. Tämä vaikutus ei kuitenkaan yksinkertaisessa linssissä ole yhtä suuri koko pinta-alalla, vaan lisääntyy keskeltä reunoihin päin. Eri-laisia valo-opillisia vikoja selitettäessä on tällä seikalla tärkeä merkityksensä.

Vasta esiintyvien tapausten varalta selitettäköön tämän yhteydessä myös, että valo-opillisella akselilla tarkoitetaan sitä suoraa viivaa, joka saadaan, kun yhdistetään niiden pallonpintojen keskipisteet, jotka muodostavat linssin molemmat pinnat (kuv. 27  $m$  ja  $m'$ ). Valo-opillinen akseli on niin sanoaksemme objektiivin keski-viiva. Jos useampia linssejä yhdistetään samaksi objektiiviksi, pitää sen tapahtua niin, että kaikkien yksityisten lins-sien valo-opilliset akselit yhtyvät samaksi suoraksi viivaksi. Sellaista järjestelyä sanotaan keskiöidyksi. Keskiöiminen vaikuttaa hyvin paljon objektiivin synnyttämän kuvan laatuun. Se voi melkoisesti häiriintyä objektiivikehykseen sattuvasta puristuksesta tai kolauksesta, joka aiheutuu esim. objektiivin putoamisesta.

## VI. Valonsäteiden kulku linssin läpi.

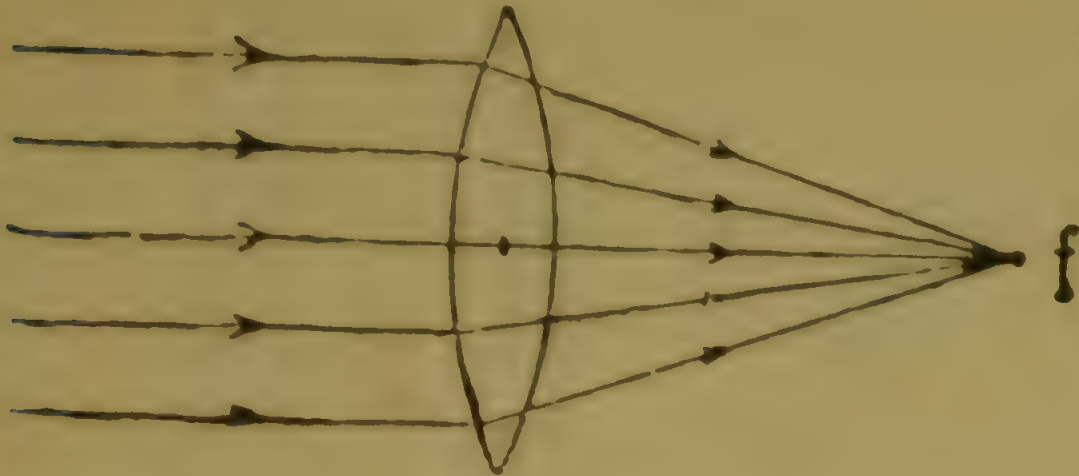
### Kuvan asema ja koko.

Kokoavilla linsseillä on ominaisuus yhdistää hyvin kaukaa tulevat (n. s. yhdensuuntaiset) valonsäteet linssin takana sijaitsevaan todelliseen pisteeseen, polttopisteeseen (kuv. 28). Tämän pisteen etäisyyttä linssin keskipisteestä sanotaan polttoväliksi. Hajoittavat linssit sitävastoin hajoittavat yhdensuuntaiset valonsäteet, ikäänkuin ne tulisivat linssin etupuolella sijaitse-

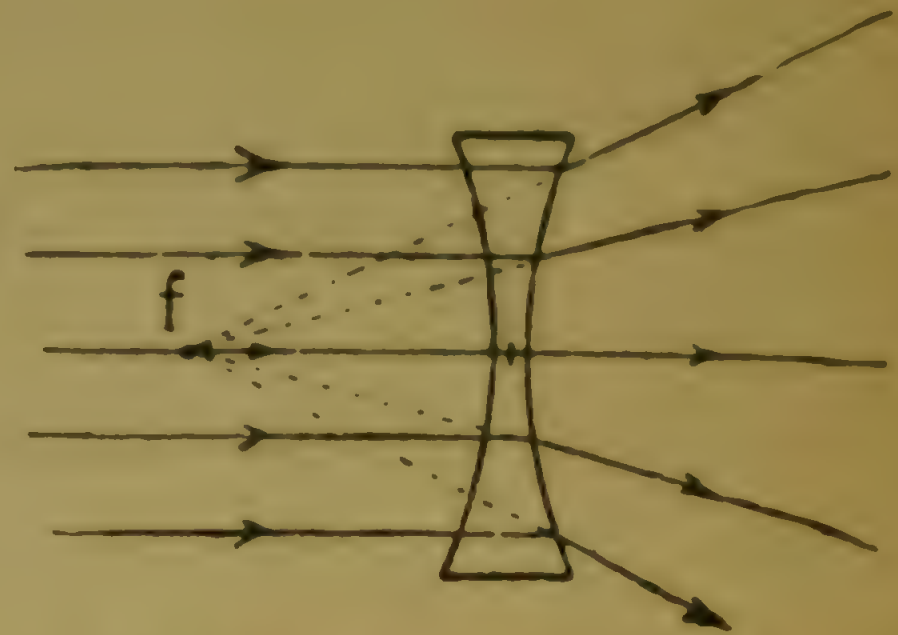


vasta oletetusta, mutta todellisuudessa olemattomasta polttopisteestä (kuv. 29).

Kokoavat linssit muodostavat meitä ympäröivästä luonnosta aina ylösalaisen ja vaihtosivuisen kuvan. Tämä on mittausopillisesti helppo selittää, ottamalla huomioon seuraavat valo-opilliset lait:



Kuv. 28. Kokoavan linssin todellinen polttopiste.

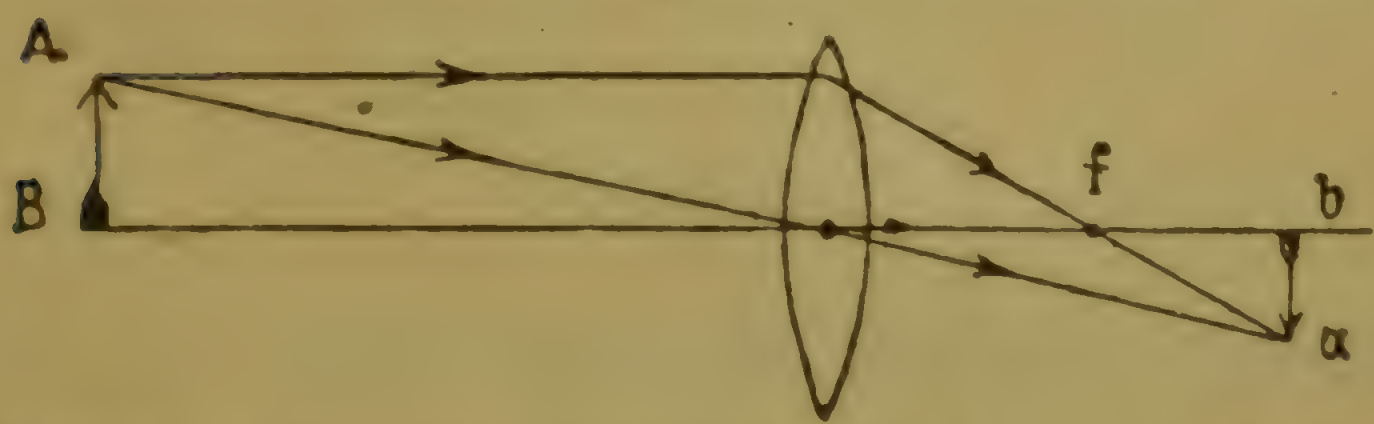


Kuv. 29. Hajoittavan linssin oletettu polttopiste.

1. Valo-opillisen akselin suuntainen valonsäde taibtuu kokoavassa linssissä aina niin, että se menee linssin takana olevan polttopisteen lävitse<sup>1)</sup>.

2. Linssin keskipisteen lävitse kulkeva valonsäde ei taitu.

Näiden sääntöjen mukaan voidaan helposti piirtää



Kuv. 30. Kohtisuoran esineen kuvan asema ja koko.

(kuv. 30) linssin esineestä (AB) muodostama kuva (ab), otaksumalla, että  $f$  on linssin polttopiste.

Jos esine on kohtisuorassa valo-opilliseen akseliin, on kuvakin kohtisuorassa, mutta jos esine on vinossa, on kuvakin samoin. Tällöin on yhdentekevä kumpi on vinossa, esine vaiko valo-opillinen akseli.

Edelleen on olemassa seuraava sääntö: Esine, himmentäjätaaso ja kuva leikkaavat riittävästi pidennettynä aina

<sup>1)</sup> Valo-opissa ajatellaan valon kulkevan aina vasemmalta oikealle.



toisensa samassa pisteessä (kuv. 31). Senvuoksi onkin esim. muotokuvaa istuvasta henkilöstä otettaessa tähyslasia kallistettava, jotta kuva tulisi mahdollisimman tarkkapiirteinen.

Mitä tulee kuvan suuruuteen ja sen etäisyyteen linssistä, on huomioon otettava seuraavat seikat:

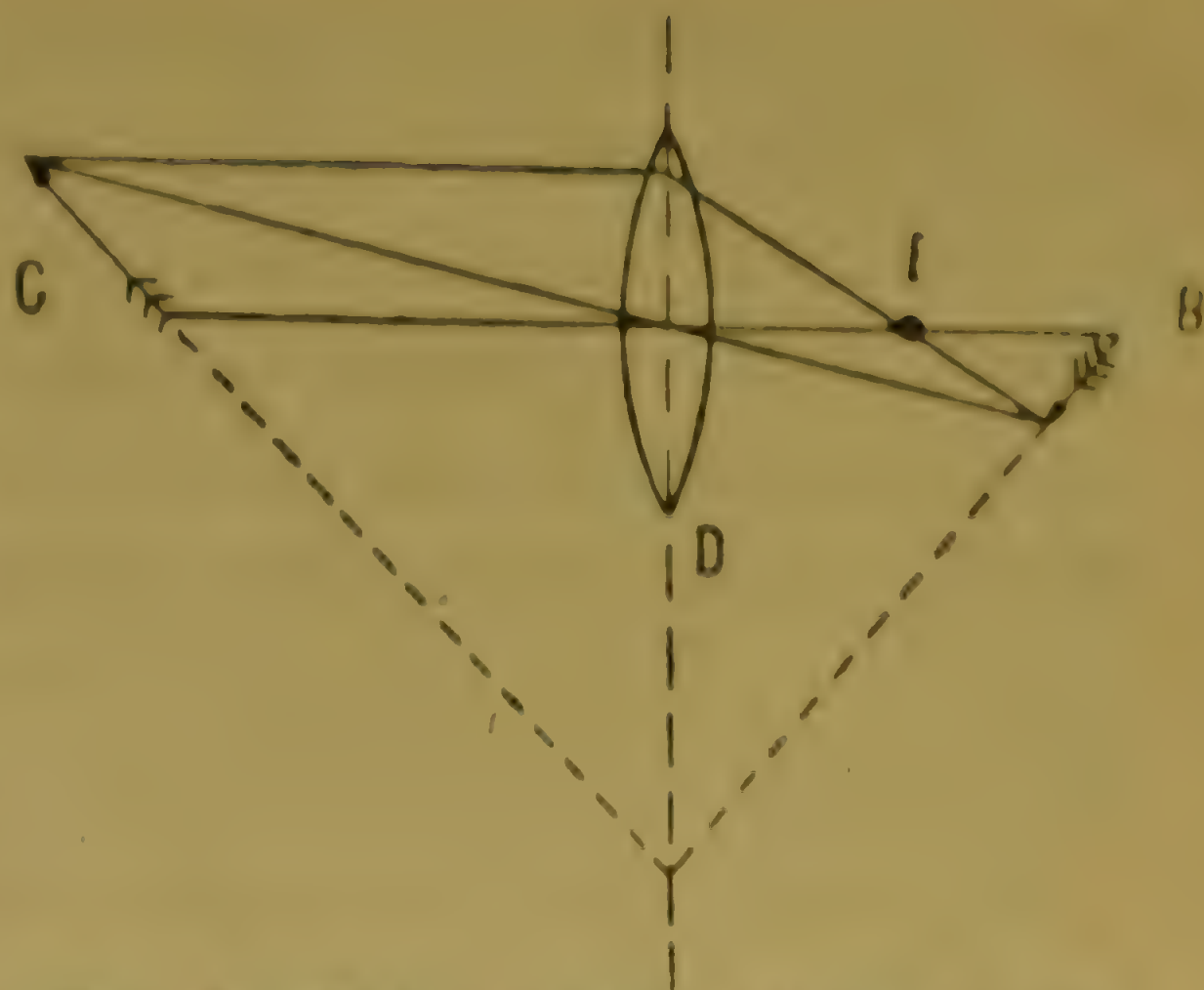
Jos valokuvattava esine on 3, 4, 5... j. n. e. polttovälin etäisyydessä objektiivista, pienenee se mittakaavassa 1:2, 1:3, 1:4... j. n. e., ja kuva syntyy  $\frac{3}{2}$   $\frac{4}{3}$   $\frac{5}{4}$ ... j. n. e. polttovälin päässä objektiivin takana. Siten saadaan:

Esineen etäisyys	{	= 3 polttoväliä;	Pienennys	{	1 : 2	Kuvan etäisyys	{	= $\frac{3}{2}$ polttoväliä.
		= 4 »			1 : 3			= $\frac{4}{3}$ »
		= 5 »			1 : 4			= $\frac{5}{4}$ »
		= 7 »			1 : 6			= $\frac{7}{6}$ »
		= 8 »			1 : 7			= $\frac{8}{7}$ »
j. n. e.								

Tästä voidaan johtaa seuraava yleislaki:

Kun esineen etäisyys objektiivista on  $n$  polttoväliä, kuvautuu se pienennettynä mittakaavassa 1:( $n-1$ ) ja kuva syntyy  $n:(n-1)$  polttovälin päässä objektiivin takana.

Esimerkki: Jos otaksutaan, että esine on 300 sm etäisyydessä ja objektiivin polttoväli 20 sm, silloin esine on 15 polttovälin päässä objektiivista, sillä  $20 \times 15 = 300$  sm. Niin ollen tapahtuu pienennys mittakaavassa 1:(15-1) = 1:14 ja kuva syntyy  $\frac{15}{14}$  polttovälin eli  $\frac{15}{14} \times 20 = 21,43$  sm:n päässä objektiivin takana, kaikki etäisyydet mitattuna himmentäjästä.



Kuv. 31. Kaltevan esineen kuvan asema ja koko.



Tätä sääntöä voidaan käytännössä sovelluttaa erittäin hyödyllisesti, kuten esim. objektiivien määrättyyn tarkoitukseen valittaessa, määrätyn kokoisia jäljennöksiä tehtäessä y. m., sekä myös kuvien suurennustöissä, projisioinnissa, päivänvalo-suurennuskoneiden rakentamisessa j. n. e. Milloin tämä sääntö tulee kysymykseen, on kuva tietenkin pienennys alkuperäisestä, päinvastaisessa tapauksessa viimeksimainittu taas suurennus pienemmästä kuvasta.

Hyvä on myös seuraava erikoissääntö:

Kun esine on kahden polttovälin etäisyydessä objektiivista, syntyy kahden polttovälin päässä objektiivin takana luonnollisen kokoinen kuva. Esineen ja kuvan välimatka tässä tapauksessa on siis täsmälleen neljä polttoväliä.

Esimerkki 1: On jäljennettävä kartta luonnollisen kokoisena ja tarkoitukseen käytettävän objektiivin polttoväli on 30 sm. Kuinka etäällä pitää esineen olla objektiivista (himmmentäjästä) ja kuinka suuri viimeksimainitun ja tähyslasin välimatka? Kummankin tulee olla kaksi polttoväliä, siis  $2 \times 30 = 60$  sm.

Esimerkki II: Kameralla, jonka palje on 80 sm pitkä, on otettava luonnollisen kokoinen kuva. Mikä polttoväli tähän käytettävällä objektiivilla saa korkeintaan olla? — Kun kuva syntyy kahden polttovälin päässä ja kameran palje on 80 sm pituinen, saa polttoväli olla korkeintaan  $80 : 2$  eli 40 sm.

Lisäksi mainittakoon tässä vielä muuan suurennusta koskeva selitys:

Jos  $9 \times 12$  sm kokoinen negatiivi suurennetaan  $18 \times 24$  sm kokoiseksi, sanotaan sitä kaksinkertaiseksi viivalliseksi suurennukseksi, koska negatiivin  $9 \times 12$  pitkä sivu (viiva) sisältyy suurennuksen pitkään sivuun kaksi kertaa ( $24 : 12 = 2$ ). Pinta-alaan nähden tapahtuu tällöin kuitenkin nelinkertainen suurennus, sillä ala  $9 \times 12$



( $= 108 \text{ sm}^2$ ) sisältyy alaan  $18 \times 24$  ( $= 432 \text{ sm}^2$ ) neljä kertaa. Suurennusmäärästä yleensä puhuttaessa tarkoitetaan kuitenkin aina viivallista.

Koko  $9 \times 12$  voidaan tarkalleen suurentaa  $18 \times 24$  kokoiseksi, sillä luvut 9 ja 12 sisältyvät täysin lukuihin 18 ja 24. Sitävastoin tämä ei käy päinsä haluttaessa suurentaa esim.  $13 \times 18$  edellä mainittuun kokoon, sillä jos pitempi sivu 18 suurennetaan 24 sm pituiseksi (suurennus siis  $24:18 = 1,33$  kertainen) tulee lyhempi sivu vain 17,3 sm eikä koko  $18 \times 24$  tule täysin käytetyksi; jos taas lyhempi sivu 13 suurennetaan kokoon 18, tulee pitempi sivu suuremmaksi kuin 24 sm (24,9), joten suurennus ei tältä puolen mahdu käytettävänä olevalle alalle. Sellaisissa tapauksissa on tarpeen tullen käytännöllisesti koeteltava korkeus- ja leveysmittojen paikkansa pitävyyttä.

## VII. Objektiivin tärkeimmät tunnusmerkit.

Tässä tarkoitetaan niitä valo-opillisia ominaisuuksia, jotka oleellisesti liittyvät johonkin määrättyyn objektiin. Ne ovat seuraavat:

1. Polttoväli.
2. Valovoima eli suhteellinen aukko.
3. Kuvakulma eli näkökulma.

### 1. Polttoväli.

Kun objektiivin sijoitetaan kameraan ja hyvin kaukana oleva esine tarkennetaan tähyslasille (n. s. rajaton tarkennus), sanotaan tähyslasin keskipisteen ja objektiivin keskipisteen (himmentäjän) välimatkaa kyseenalaisen objektiivin polttoväliksi. Mutta jos tarkennetaan joku



lähempänä oleva esine, on tähyslasia siirrettävä kauemaksi objektiivista, jotta tällöinkin tulisi tarkka kuva. Täten saatua tähyslasin ja objektiivin välimatkaa sanotaan kuvaväliksi. Esineen etäisyyttä objektiivista (taaskin himmentäjästä mitattuna) sanotaan esineväliksi.

Jokaisella objektiivilla on ainoastaan yksi polttoväli, mutta monta kuvaväliä, viimeksimainittu monesta esinevälistä johtuen.

Nykyaikaisissa objektiiveissa on polttoväli tavallisesti merkittynä kehykseen tai voidaan se nähdä asianomaisten tehtaiden luetteloista. Ellei niin ole asianlaita, voidaan polttoväli enemmän tai vähemmän tarkasti määrätä seuraavalla tavalla:

1. Objektiivi viedään huoneen takanurkkaan ja suunnataan kohti ikkunaa niin, että se muodostaa seinälle tarkkapiirteisen kuvan ikkunan ulkopuolella olevista, hyvin kaukaisista esineistä. Sitten mitataan ajatellun valo-opilisen akselin kohdalta kuvan ja himmentäjän välimatka, jolloin ilman muuta saadaan kyseenalaisen objektiivin polttoväli. Tämä keino on nopea ja helppo suorittaa sekä käytännössä useimmiten riittävä. Tarkempi tulos saadaan, jos objektiivi mittausta varten kiinnitetään kameraan.

2. Kameran tähyslasille tarkennetaan joku pieni esine, esim. senttimetrimitta, luonnollisen kokoisena ja mitataan esineen ja kuvan välimatka. Kun tämä jaetaan 4:llä, saadaan etsitty polttoväli, sillä kuten jo edellä on mainittu, esine ja sen kuva ovat kumpikin kahden polttovälin etäisyydessä objektiivin himmentäjästä, jos kuva on esineen kokoinen. Tätä mittaustapaa käytettäessä pitää kameran palkeen olla kaksi kertaa niin pitkä kuin tarkastettavan objektiivin polttoväli.

Objektiivi, jonka polttoväli on esim. 24 sm, tekee samalta välimatkalta kaksi kertaa niin suuren kuvan kuin

toinen,  
sm:n po  
kuva ka  
tovälise  
Pait  
merkityl  
seuraava

Objek

1. to  
2. va  
3. su

To d

hyksen  
pisteviiv  
tiin en  
aikaan v  
tiivieja k  
objektiiv

V a i

joka nä  
kan pää  
haiten t  
mällä). T  
ko pien  
mukaa k  
tiivin h  
jäaukko  
nennetä  
kuttava  
halkaisij  
helposti



toinen, jonka polttoväli on 12 sm; tahi toisin sanoen: 24 sm:n polttovälisellä objektiivilla voidaan ottaa yhtä suuri kuva kaksi kertaa niin pitkältä matkalta kuin 12 sm:n polttovälisellä.

Paitsi kuvan suuruuteen nähden on polttovälillä myös merkityksensä objektiivin valovoiman laskemisessa, kuten seuraavasta selviää.

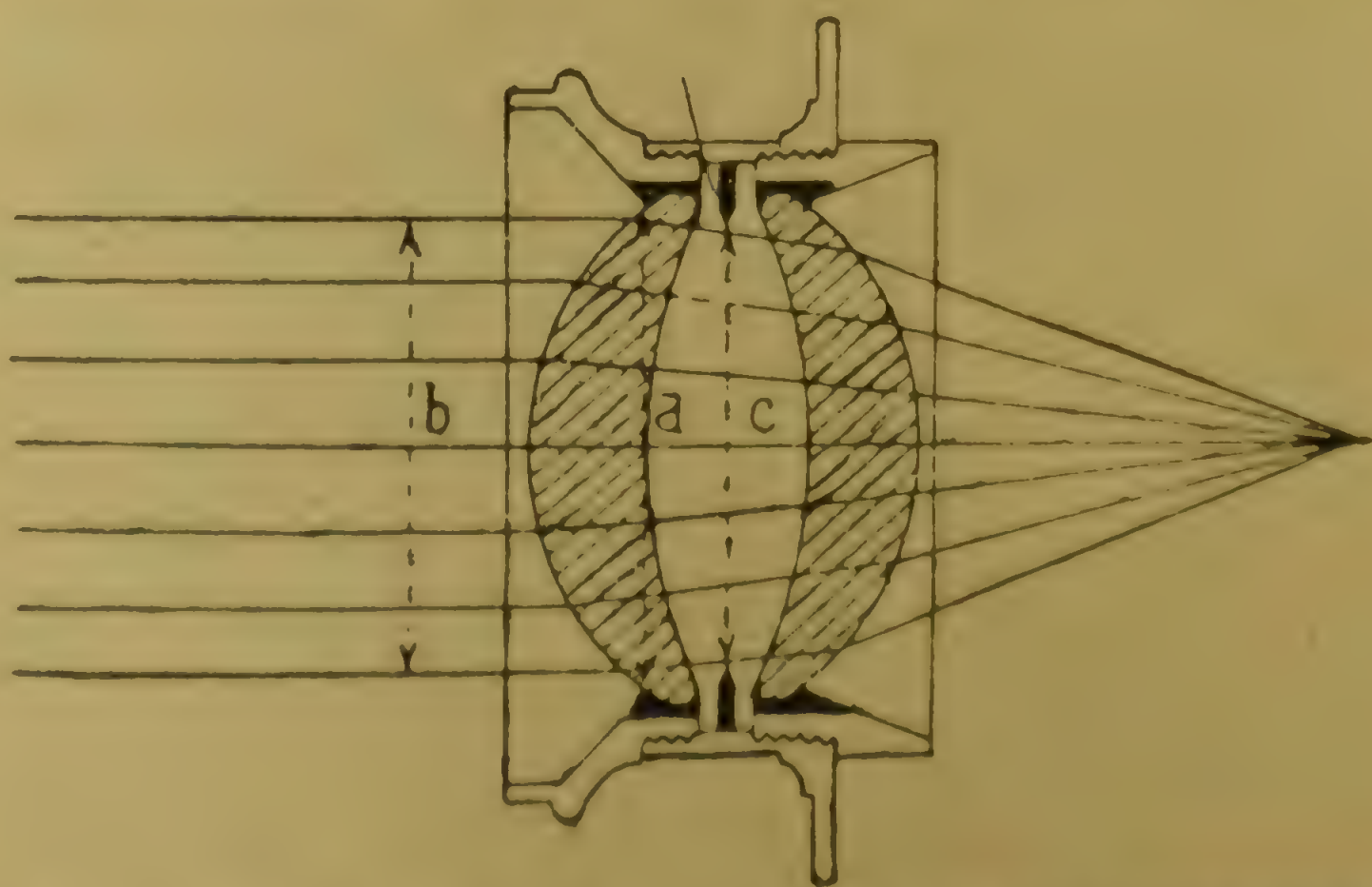
## 2. Valovoima.

Objektiivissä erotetaan kolme eri aukkoa, nimittäin:

1. todellinen,
2. vaikuttava ja
3. suhteellinen.

Todellisella aukolla tarkoitetaan metallikehyksen vapaaksi jättämää linssinpintaa, jonka halkaisijaa pisteviiva *a* kuvassa 32 osoittaa. Tätä halkaisijaa pidettiin ennen objektiivin suuruuden mittana, ja kun siihen aikaan vielä käytettiin tuumia ja linjoja, sanottiin objektiiveja kokonsa mukaan esim. 4-tuuman, 17 linjan j. n. e objektiiveiksi.

Vaikuttava aukko taas on se valokehä (b), joka näkyy kun katsotaan objektiivin lävitse vähän matkan päästä (parhaiten toisella silmällä). Tämä aukko pienenee sitä mukaa kuin objektiivin himmentäjäaukkoa (c) pienennetään. Vaikuttavan aukon halkaisija voidaan helposti mitata si-



Kuv. 32. Todellinen (a), vaikuttava (b) ja himmentäjäaukko (c).



ten, että objektiivin lävitse katsottaessa asetetaan millimetrimitta poikittain etulinssin päälle. Vaikuttava aukko ja himmentäjäaukko eivät aina ole tarkalleen yhtä suuret, koska kaksoisobjektiivin kautta kulkeva valokimppu on keilanmuotoinen, jonka paksumpi pää on käännettynä siihen suuntaan mistä valo tulee. Ero vaikuttavan aukon ja himmentäjäaukon välillä on erilainen, kulloinkin objektiivin rakenteen mukaan. Objektiivissa, jossa himmentäjä on linssin (tai linssien) edessä, ovat vaikuttava aukko ja himmentäjäaukko samansuuruiset, sillä tällöin valokimppu himmentäjän ja etulinssin välillä ei kuristu keilanmuotoiseksi.

Suhteellisella aukolla tarkoitetaan vaikuttavan aukon halkaisijan (b) suhdetta polttoväliin tai kuvaväliin. Jos vaikuttavan aukon halkaisija on esim. 3 sm ja polttoväli 18 sm, silloin objektiivin suhteellinen aukko on 3:18 eli 1:6, merkittynä joko näin tai F:6 sekä ilmoittaen että halkaisija on  $\frac{1}{6}$  polttovälistä (F on lyhenys sanasta focus, joka merkitsee polttopistettä). Siis jos tunnetaan vaikuttavan aukon halkaisija ja polttoväli, voidaan saada selville suhteellinen aukko; samaten voidaan laskea objektiivin suurin vaikuttava aukko, jos tunnetaan sen suhteellinen aukko ja polttoväli. Viimemainnittukin menettely on hyvä tuntea silloin, kun halutaan saada käsitys objektiivin suuruudesta. Esim.: Kuinka suuret vähintään ovat linssit objektiivissa, jonka suhteellinen aukko on F:5 ja polttoväli 35 sm? Vastaus:  $35:5 = 7$  sm.

Suhteellisesta aukosta riippuu tähyslasille muodostuvan kuvan valoisuus; se on siis myös objektiivin valovoiman mittana.

Se tosiasia, että kuvan valoisuutta tähyslasilla ei määrää suorastaan vaikuttavan aukon suuruus, vaan sen suhde polttoväliin, selviää helposti seuraavista esimerkeistä.

dall  
vaa  
nast  
vain  
lasill  
kutta  
kauk  
poltt  
see s  
valov  
H  
objek  
kin k  
vin s  
man  
sitä  
teel  
luvu  
valova  
F:10  
Luc  
valohe  
kuin s  
valovo  
aukot  
tussa  
kuten  
vuissa  
lotettav  
On  
neliöt,  
pienene  
edellä o  
syyteen



Huoneessa ei valon vahvuus jollakin määrättyllä kohdalla ole riippuvainen ainoastaan ikkunan suuruudesta, vaan myös siitä miten etäällä kyseenalainen kohta ikkunasta on. Mutta kun valokuvauskamera oikeastaan on vain pieni yksi-ikkunainen huone, on selvää, että tähyslasille syntyvän kuvan valoisuus ei riipu yksistään vaikuttavasta aukosta (ikkunasta), vaan myös siitä kuinka kaukana tähyslasi on objektiivista — siis kuvavälistä tai polttovälistä. Tämän kaksipuolisen riippuvaisuuden ilmaisee suhteellinen aukko, joka sen vuoksi onkin objektiivin valovoiman mittana.

Himmentäjäaukon ja kuvavälin suuruuden mukaan voi objektiivin suhteellinen aukko olla mitä erilaisin. Kuitenkin kun valokuvausluetteloissa puhutaan jonkun objektiivin suhteelliasta aukosta, tarkoitetaan sillä aina suurimman aukon ja polttovälin suhdetta. Objektiivin on sitä valovahvempi, mitä pienempi suhteellista aukkoa osoittavan murtoluvun nimittäjä on. Siten on siis objektiivin valovahvempi suhteellisen aukon ollessa  $F:7$  ( $=\frac{1}{7}$ ) kuin  $F:10$  ( $=\frac{1}{10}$ ).

Luonnollisesti herää kysymys kuinka monta kertaa valoheikompi objektiivin on suhteellisen aukon ollessa  $F:10$  kuin sen ollessa  $F:7$ . Tähän nähden vallitsee sääntö, että valovoimat eivät suhtaudu toisiinsa kuten suhteelliset aukot suorastaan, vaan kuten näiden neliöt; edellämainitussa esimerkissä ei siis kuten 7 suhtautuu 10:een, vaan kuten  $7^2$  suhtautuu  $10^2$  eli kuten 49:100 tai pyöreissä luvuissa 1:2. Suhteellisen aukon ollessa  $F:10$  on siis valotettava kaksi kertaa niin paljon kuin sen ollessa  $F:7$ .

On varsin luonnollista, että tässä tulevat kysymykseen neliöt, koska ympyrän pinta-ala (tässä vaikuttava aukko) pienenee neliösuhteessa sen halkaisijaan, sekä myös, kuten edellä on nähty, valon voima vähenee neliösuhteessa etäisyyteen (tässä polttoväliin).



Tarkoituksessa saada valotusajan laskeminen mahdollisimman yksinkertaiseksi on keksitty erilaisia numerojärjestelmiä, joita suhteellisen aukon asemesta käytetään himmentäjän merkitsemiseen. Nämä n. s. valotusluvut saadaan siten, että pidetään jotakin suhteellista aukkoa yksikkönä ja lasketaan mitenkä muut suhteelliset aukot siihen suhtautuvat; näiden suhdelukujen neliöt ovat sitten kyseenalaisia valotuslukuja. Jos siis esim. suhteellista aukkoa  $F:1$  pidetään lähtökohtana, on  $F:2$  kaksi kertaa niin suuri ja sen neliö on 4, joka tässä tapauksessa siis on  $F:2:n$  valotusluku. Ottamalla huomioon kaikki ne suhteelliset aukot, joiden neliöt suhtautuvat taisiinsa kuten  $1:2$ , saadaan seuraavat sarjat:

Suhteelliset aukot	$F:1$	$1,4$	2	$2,8$	4	$5,6$	8	$11,2$	16	$22,5$
Suht. aukkojen neliöt tasaluvuin	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512
Suhteelliset valotusluvut	1	2	4	8	16	32	64	128	256	512

Tämä taulukko osoittaa, että suhteellisella aukolla  $F:16$  (vastaava suhteellinen valotusluku 256) on valotettava 4 ertaa niin kauan kuin aukolla  $F:8$  (valotusluku 64), sillä molemmat valotusluvut suhtautuvat toisiinsa kuten  $1:4$ .

Edellistä tavallisempi on kuitenkin (saksalaisissa objektiivissa) n. s. Stolzen järjestelmä, jossa lähtökohtana (yksikkönä) käytetään aukkosuhdetta  $F:3,2$  eli  $F:\sqrt{10}$ . Täten saadaan seuraavat numerosarjat:

Suhteelliset aukot	$F:3,2$	$4,5$	$6,3$	9	$12,5$	18	25	36	50
Suht. aukkojen neliöt tasaluvuin	10	20	40	80	160	320	640	1280	2560
Suhteelliset valotusajat	1	2	4	8	16	32	64	128	256

Engla  
kohtana  
raava ta

Suhteelli  
Suht. au  
Suht. val

Tällai  
jestelm  
muitakin  
tännössä  
nöissä ei  
Se yhden  
kinnät o  
pienempi  
pitkän v  
voissa ol  
myös sell

Edisty  
on pidett  
vuosina  
aukon m  
juuriastei  
(suunnille  
vuista.  
 $F:5$ ,  $F:$   
 $F:11$ ,  $F:$   
tysti tal  
puolento

On il  
otettava  
suhteellis  
merkinnä  
missa sa  
Valokuvaa



Englantilais-amerikkalaisessa järjestelmässä on lähtökohtana suhteellinen aukko  $F:4$ . Tällöin saadaan seuraava taulukko:

Suhteelliset aukot	$F:4$	5,5	8	11	16	22	32
Suht. aukkojen neliöt noin	16	32	64	128	265	512	1024
Suht. valotusluvut	1	2	4	8	16	32	64

Tällaisia numerosarjoja sanotaan himmentäjäjärjestelmiksi. Niitä on, paitsi tässä esitettyjä, vielä useita muitakin. Järjestelmien monilukuisuudesta on tietenkin käytännössä paljon haittaa, varsinkin kun tehtaiden merkinnöissä ei ole mainittu mitä järjestelmää ne tarkoittavat. Se yhdenmukaisuus niissä kaikissa kuitenkin on että merkinnät ovat yleensä järjestetyt siten, että seuraava pienempi himmentäjäaukko vaatii aina kaksi kertaa niin pitkän valotusajan kuin edellinen; vain hyvin valovahvoissa objektiiveissa voi järjestely sarjan alkupäässä olla myös sellainen, että erotus on  $1\frac{1}{2}$ ertainen.

Edistykseenä edellämainitusta monijärjestelmäisyydestä on pidettävä sitä, että saksalaiset objektiivitehtaat viime vuosina ovat yleensä alkaneet käyttää samaa, suhteellisen aukon merkintään perustuvaa järjestelmää Stolzen neliöjuuriasteikon pohjalla siten, että aukkomerkinnät ovat (suunnilleen) neliöjuurilukuja 10:llä tai 5:llä jaollisista luvuista. Siten saadaan esim.  $F:3,2$   $F:4$  (3,9),  $F:5,4$   $F:5$ ,  $F:5,2$   $F:6,3$ ,  $F:6,8$ ,  $F:7,2$ ,  $F:7,7$ ,  $F:9$ ,  $F:9,5$ ,  $F:11$ ,  $F:12,5$ ,  $F:15,5$   $F:18$ ,  $F:22$ ,  $F:25$  j. n. e. Tietysti tällöinkin noudatetaan edellämainittua kaksin- tai puolentoistakertaista valotusaikasuhdetta aukkojen välillä.

On ilman muuta selvää, että valokuvaajan on tarkasti otettava huomionsa, tarkoittavatko himmentäjämerkinnät suhteellista aukkoa vai suhteellisia valotuslukuja. Jos merkinnät tarkoittavat suhteellista aukkoa (kuten uusimmissa saksalaisissa objektiiveissa on laita), silloin on esim.



numerolla 12 ( $= F:12$ ) merkityllä himmentäjäaukolla valotettava neljä kertaa niin kauan kuin numerolla 6 ( $= F:6$ ) merkityllä, sillä suhteellista aukkomerkintää käytettäessä eivät vastaavat valotusajat suhtaudu toisiinsa kuten  $6:12$ , vaan kuten  $6^2:12^2$  eli  $6 \times 6:12 \times 12$ , s. o.  $36:144$  eli  $1:4$ . Mutta jos luvut 6 ja 12 tarkoittavat valotuslukuja, silloin suhtautuvat vastaavat valotusajat suoranaaisesti kuten nämä luvut, siis kuten  $6:12$  eli kuten  $1:2$ . Tässä tapauksessa on himmentäjällä 12 valotettava vain kaksi kertaa niin kauan kuin numerolla 6 merkityllä himmentäjällä.

Valovahva objektiivi — esim. sellainen, jonka suhteellinen aukko on  $F:6$  — himmennettynä esim.  $F:12$ , ei tietenkään tällöin enää ole sen valovahvempi kuin sellainenkaan, jonka suurin suhteellinen aukko on vain  $F:12$ . Objektiivit, joiden suhteellinen aukko on samanlainen, ovat aina yhtä valovahvat, olkoon niiden ominaisuudet muuten polttoväliin, kuvakulmaan y.m. nähden minkälaiset tahansa.

Usein nähdään objektiiveissa valovoima merkityksi sanoilla: rapid (nopea), extra-rapid (hyvin nopea) j. n. e. (esim. Extra-Rapid-Aplanat). Tällaiset merkinnät ovat aivan joutavia, todellisuudessa merkityksettömiä; käytännöllinen valokuvaaja ottakoon siis huomioon ainoastaan suhteellisen aukon.

### 3. K u v a k u l m a.

Jos objektiivi kiinnitetään suurempaan kameraan kuin mihin se on tarkoitettu, syntyy tähyslasille kuva, joka objektiivin kehyksen mukaan on pyöreä (kts. kuv. 33). Tätä kuvaa sanotaan kysymyksessä olevan objektiivin kuvakulaksi tai tarkemmin kokonais-kuva-alaksi. Toisinaan käytetään siitä myös kaukoputkioptiikasta tunnettua näköala-nimitystä. Viimemainittu nimitys ei kuitenkaan ole

aivan a  
tetä ka

Kuv  
tenkaan  
kuvaväl  
kuva-ala

Jos ko  
alan ha  
päätepis  
laan yho  
jektiivin  
teen<sup>1)</sup>  
muodost  
viivat k  
jota sar  
nais-)  
m a k s i  
maksi.

Kok  
alasta o  
määrätt  
tarkoitu  
västi  
nen<sup>2)</sup>. T  
notaan  
suuruutt  
t ö k e l

J o s  
t a r k k

<sup>1)</sup> Tar  
j a p i s t e  
keskipiste

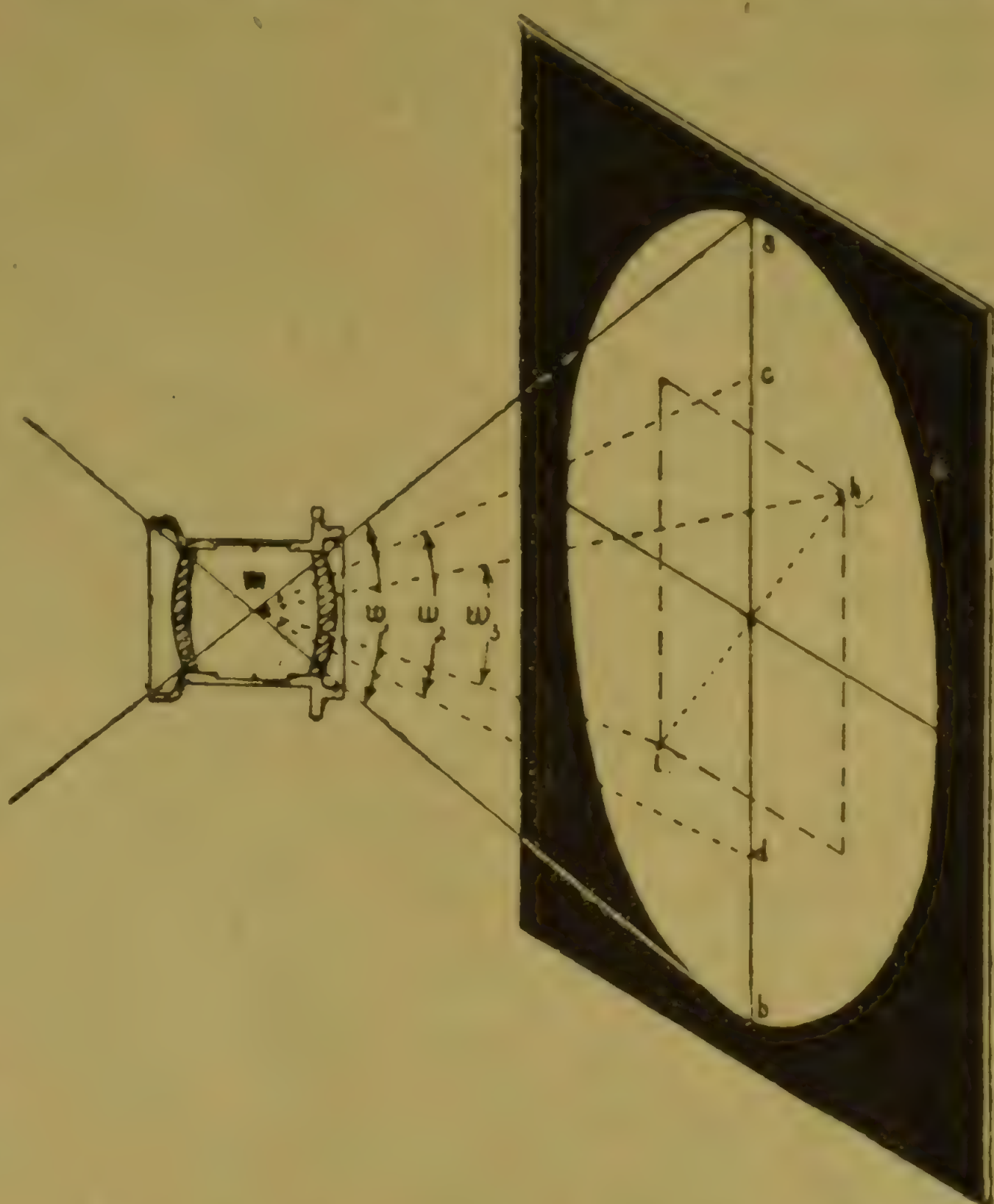
<sup>2)</sup> Käs  
van laad  
kohtaisen



aivan asianmukainen, koska valokuvausobjektiivia ei käytetä katsomiseen, vaan kuvien ottamiseen.

Kuva-ala voidaan mitata senttimetreissä; tämä ei kuitenkaan ole hyvä keino, sillä täten saatu tulos muuttuu kuvavälin mukana. Varmempaa on senvuoksi ilmaista kuva-ala asteissa.

Jos kokonais-kuva-  
alan halkaisijan ( $ab$ )  
päätepisteet ajatel-  
laan yhdistetyksi ob-  
jektiivin keskipis-  
teen<sup>1)</sup> ( $m$ ) kanssa,  
muodostavat yhdys-  
viivat kulman ( $w_1$ ),  
jota sanotaan (koko-  
nais-) kuvakul-  
maksi tai näkökul-  
maksi.



Kuv. 33. Kokonais- ( $w_1$ ), käyttökelpoinen ( $w_2$ )  
ja käytetty ( $w_3$ ) kuvakulma.

Kokonais-kuva-  
alasta on aina vain  
määrätty osa, esim.  $cd$ ,  
tarkoitukseen riittä-  
västi tarkkapiirtei-  
nen<sup>2)</sup>. Tätä osaa sa-

notaan käyttökelpoiseksi kuva-alaksi, jonka  
suuruutta kuvassa 33 osoittaa esim. kulma  $w_2$  eli n. s. k ä y t-  
t ö k e l p o i n e n k u v a k u l m a.

Jos himmentäjää pienennetään, niin  
tarkkuus enenee reunoja kohti joka ob-

<sup>1)</sup> Tarkemmin sanottuna objektiivin takimmaisen rajapisteen, joka useimmissa kaksoisobjektiiveissa on himmentäjän keskipisteessä.

<sup>2)</sup> Käsite »tarkkapiirteinen» on tietenkin hyvin erilainen, aina kuvan laadun (muoto-, maisema- tai arkkitehtuurikuva) sekä henkilökohtaisen käsityksen mukaan.



jektiiivissa. Täten siis käyttökelpoinen kuvakulma suurenee. Sen vuoksi on tehtävä ero täysiaukkoisen ja himmentämällä saadun käyttökelpoisen kuvakulman välillä.

Kokonais- ja käyttökelpoisen kuva-alan lisäksi on vielä olemassa käytetty kuva-ala, jonka suuruus riippuu levykoon ja polttovälin keskinäisestä suhteesta; se on sitä suurempi mitä suurempaa levyä käytetään.

Käytetty kuva-ala voidaan mitata levyn pitkän tai lyhyen sivun taikka sen halkaisijan suuntaan. Käytännössä on etupäässä tärkeätä tuntea halkaisijan suuntaan mitattu kuvakulma, sillä levy tulee käytetyksi täysin kulmia myöten vain siinä tapauksessa, että objektiivin käyttökelpoinen kuvakulma on vähintään yhtä suuri kuin halkaisijan vaatima ( $w_2$ ). Mutta vielä parempi on, jos se on tätä hiukan suurempikin, jotta objektiivia tarpeen tullen voitaisiin työntää ylös ja alas tai sivulle päin.

Kun luettelossa nähdään tiedoitus: kuvakulma on 70—90°, merkitsee se, että kyseenalainen objektiivi täysiaukkoisena tekee reunoihin asti tarkkapiirteisen 70° kulmaisen kuvan, mutta että tämä astemäärä voidaan kohottaa aina 90° saakka, jos objektiivia riittävästi himmennetään. Tietysti tällöin kuvan valoisuus tähyslasilla vähenee, samalla kun valotusaika vastaavasti pitenee.

\* \* \*

Kun ei ole mahdollista valmistaa sellaisia objektiiveja, joissa suurin valovoima ja samalla hyvin suuri käyttökelpoinen kuva-ala täysiaukkoisena olisivat yhdistyneinä, täytyy sen vuoksi tehdä erilaatuisia objektiiveja, jotka kaikki voidaan järjestää seuraavaan kolmeen ryhmään:

1. Muotokuvaobjektiivit,
2. Yleisobjektiivit,
3. Laajakulmaobjektiivit.

M u  
voja (n  
välisiä  
tavallis

Y l  
kinkert  
F: 3,5—  
kulmak

Obj  
l a a j a

Mit  
välillä  
tiivä tä  
himmer  
nen käy

Jott  
kutukse  
olla ly  
suuri),  
tetyksi  
(polttov  
objekti  
tiivilla,  
vasta.

VIII.  
ku

Käy  
raaviin

1.  
t a v a  
t a a  
siis es



M u o t o k u v a o b j e k t i i v i t ovat hyvin valovahvoja (noin  $F:2,3$ — $F:5,5$ ) ja levykokoon nähden pitkäpolttovälisiä objektiiveja (kts. eteenp.). Niiden kuvakulma on tavallisesti pieni (noin  $30$ — $50^\circ$ ).

Y l e i s o b j e k t i i v i e n valovoima on yleensä keskinkertainen, (vaihdellen kuitenkin melkolailla, noin  $F:3,5$ — $F:9$ ), samoin kuin polttoväli (kts. eteenp.) ja kuvakulmakin (n.  $50$ — $70^\circ$  ja enemmänkin).

Objektiiveja, joiden kuvakulma on yli  $80^\circ$ , sanotaan l a a j a k u l m a i s i k s i.

Mitään tarkkaa rajaa toisen tai toisen objektiivilajin välillä ei kuitenkaan ole. Siten saattaa esim. jokin objektiivit täysiaukkoisena olla yleisobjektiivit, mutta runsaasti himmennettynä laajakulmaobjektiivit, ja tämä kahdenlainen käyttömahdollisuus on tietysti vain eduksi.

Jotta laajakulmaobjektiivit voisi tehdä laajakulmavaiikutuksen, pitää sen polttovälin, levykokoon verrattuna, olla lyhyt (tai toisinpäin levykoon polttoväliin verrattuna suuri), sillä ainoastaan silloin tulee suuri kuvakulma käytetyksi. Jos taas käytetään vain normaalikokoista levyä (polttoväli levyn pitkän sivun mittainen) ei laajakulmaobjektiivin synnyttämä kuva ensinkään eroa yleisobjektiivillä, jonka polttoväli on samanpituinen, otetusta kuvasta.

## VIII. Kuvan laadun, levykoon, polttovälin, kuvakulman ja valovoiman keskinäinen suhde.

Käytännöllinen kokemus on tässä suhteessa tullut seuraaviin tuloksiin:

1. Suuriin pääharjoitelmiin on valittava polttoväli, joka on noin kaksi kertaa niin pitkä kuin levyn pitempi sivu; siis esim.  $18 \times 24$  levykoolle  $2 \times 24$  eli  $48$  sm (suunnilleen!)



Tässä tapauksessa pitäisi objektiivin kuvakulman olla vähintään  $35^\circ$ ; jos se on pienempi, ei objektiivi synnytä koko levyä peittävää kuvaa; jos se taas on suurempi on siitä vain etua, koska silloin voidaan objektiivia siirtää ylös- tai alaspäin, tai myös käyttää muihin, suurempaa kuvakulmaa vaativiin tarkoituksiin.

2. Kaikkiin tavallisiin muotokuviin, olkoon sitten kysymyksessä rintakuva, puoli- tai kokovartalokuva tahi pienet ryhmäkuvat, on valittava polttoväli, joka on noin  $1\frac{1}{2}$  kertaa niin pitkä kuin levyn pitempi sivu; siis esim.  $18 \times 24$  levykoolle  $\frac{3}{2} \times 24$  eli (noin) 36 sm.

Tässä tapauksessa tulee objektiivin kuvakulman olla vähintään  $45^\circ$ .

Muotokuvien ottamiseen valitaan kernaasti hyvin valovahva objektiivi; kuvakulman ollessa  $45^\circ$  (sääntö 2) ei kuitenkaan ole juuri edullista mennä yli  $F:4,5$ , jos kuva halutaan tarkaksi levyn koko alalta. (Vert. siv. 36). Valittaessa polttoväliä 1:en säännön mukaan, voidaan valovoimaan nähden hyvin mennä noin  $F:3,5$  asti.

3. Kaikenlaiseen yleisvalokuvaukseen ja keskikokoisten ryhmien valokuvaukseen on valittava vähintään noin levyn pitkän sivun tai enintään halkaisijan mittainen polttoväli; siis  $18 \times 24$  levykoolle noin 24—30 sm, sillä, kuten seuraavasta taulukosta näkyy  $18 \times 24$  kokoisen levyn halkaisija on 30 sm.

Levykoko:	$4,5 \times 6$	$6 \times 9$	$6,5 \times 9$	$9 \times 12$	$10 \times 15$	$12 \times 16$	$12 \times 16,5$
Halkaisija:	$7\frac{1}{2}$	11	11,1	15	18	20	21

Levykoko:	$13 \times 18$	$18 \times 24$	$24 \times 30$	$30 \times 40$	$40 \times 50$
Halkaisija:	22,1	30	38,4	50	64

Jos  
nen t  
55°; jo  
vun m  
vähint  
että kuva  
loin voida  
sekä sivul

Jos val  
polttov  
 $F:6,8$ , täll  
vakulman  
pituinen,  
tarvitsema  
alalle (jos

Nykyää  
valovahve  
tällöin on  
maan kuin

4. La  
mien o  
levyn  
polttov  
Toisinaan  
väli, jotta  
kaikki mit

Jos  
hyen ja  
vähint  
polttov  
nen tul

Kun l  
suuri kuv  
voida käy  
vahvaa oh



Jos polttoväli on halkaisijan pituinen tulee kuvakulman olla vähintään  $55^\circ$ ; jos polttoväli on levyn pitkän sivun mittainen pitää kuvakulman olla vähintään  $65^\circ$ . Tällöinkin on luonnollisesti parempi, että kuvakulma on edellämainittua suurempi, koska silloin voidaan tarpeen tullen siirtää objektiivia ylös- ja alasekä sivullepäin.

Jos valitaan levyn pitemmän sivun mittainen polttoväli, on hyvätyytyä valovoimaan (noin)  $F:6,8$ , tällöin vaadittavan suuren, vähintään  $65$  asteisen kuvakulman vuoksi. Jos polttoväli taas on levyn halkaisijan pituinen, voidaan valovoimassa mennä aina noin  $F:4,5$ , tarvitsematta pelätä, ettei tarkkuus ulottuisi levyn koko alalle (jos objektiivi on muuten hyvä).

Nykyään käytetään ylläsanottuihin tarkoituksiin paljon valovahvempiakin objektiiveja kuin tässä mainitut, mutta tällöin on myös tyydyttävä paljon pienempään kuvakulmaan kuin edellä on määritelty.

4. Laajakulmakuvien ja suurten ryhmien ottamiseen valitaan tavallisesti levyn lyhyen ja pitkän sivun välinen polttoväli; levykoolle  $18 \times 24$  siis esim. noin 21 sm. Toisinaan täytyy (valitettavasti!) valita lyhempikin polttoväli, jotta kyseessä olevalta paikalta saataisiin levyille kaikki mitä halutaan.

Jos polttovälin pituus on levyn lyhyen ja pitkän sivun välillä, tarvitaan vähintään  $70$  asteen kuvakulma; jos taas polttoväli on levyn lyhyen sivun pituinen tulee kuvakulman olla vähintään  $80^\circ$ .

Kun laajakulmakuvien ottamiseen aina on tarpeen suuri kuvakulma, on selvää, ettei tähän tarkoitukseen voida käyttää varsin valovahvaa objektiivia tai että valovahvaa objektiivia on runsaasti himmennettävä. Toisaalta



käy edeltä sanotusta myös selville, että suuri kuvakulma on eduksi, mikä ei kuitenkaan merkitse sitä, että aina on käytettävä koko kuvakulmaa.

Toistettakoon vielä kerran, että kaikki mitä edellä on sanottu, tarkoittaa vain likimääräisiä keskiarvoja, vieläpä osittain alimpiakin arvoja.

Milloin tilasuhteet sallivat, valittakoon käytännössä aina mahdollisimman pitkä polttoväli, koska esineen etäisyys silloin on suurempi kuvan kokoon verrattuna, ja tämän vuoksi kuva tulee perspektiivisessä suhteessa parempi.

Monet valokuvaajat luulevat voivansa käyttää esim. 18 sm polttovälistä objektiivia, joka riittää kuvaamaan  $13 \times 18$  sm levyalan, myöskin tämän kokoisten muotokuvien ottamiseen. Tämä on edellämainittujen sääntöjen mukaan mahdotonta, sillä koko  $13 \times 18$  vaatii muotokuvia otettaessa  $\frac{3}{2} \times 18$  eli 27 sm pituisen polttovälin, kun taas 18 sm. polttoväli riittää muotokuvien ottamiseen vain  $9 \times 12$  levykoolle, koska  $\frac{3}{2} \times 12 = 18$ . Sitävastoin voidaan tätä objektiivia, koska se täydellä aukolla tekee tarkan kuvan  $13 \times 18$  levyille, varsin hyvin käyttää yleis-tarkoituksiin, ja jos sen kuvakulma on vähintään  $70^\circ$ , voidaan sitä runsaasti himmentämällä käyttää noin  $16 \times 21$  kokoisten laajakulmakuvien ottamiseen.

Toisaalta voidaan varsin hyvin varsinaista laajakulma-objektiiviaakin, jonka polttoväli on esim. 15 sm. ja valovoima  $F:9$ , käyttää yleisobjektiivina levykokoja  $9 \times 12$  tai  $10 \times 15$  varten. Niin ollen ei ole kiinnitettävä liian suurta huomiota luetteloiden ilmoituksiin, vaan mieluummin itse ratkaistava asia edellämainittujen sääntöjen ja kyseenalaisen objektiivin tunnusmerkkien mukaan. Tällöin on aina pidettävä mielessä, että — mitä tarkkapiirteisyys tulee — anastigmaatti tekee paremman kuvan kuin aplanaatti, viimeksimainittu taas paremman kuin akro-

maatti  
muoto  
tiivä ta

S o

Levyko
9 × 12
10 × 12
12 × 12
13 × 18
16 × 21
18 × 24
21 × 24
24 × 30
30 × 40
Kuvaku

Jos  
mättä l  
den on

Mil  
tyine  
esine,  
päin  
kenne

Mil  
osa o  
hyvin  
oleva  
delle,  
kin on s



maattinen maisemaobjektiivi, uudenaikainen valovahva muotokuvaobjektiivi paremman kuin vanha Petzval-objektiivi tai m. s. (kts. niitä).

*Sopivat polttovälit senttimetreissä:*

Levykoko	Pääharjoitelmat	Tavalliset muotokuvat	Yleiskuvat	Laajakulmakuvat
9×12	noin 24	noin 18	noin 12—15	noin 10 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —9
10×15	» 30	» 22	» 15—18	» 12 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> —10
12×16	» 32	» 24	» 16—20	» 14—12
13×18	» 36	» 27	» 18—22	» 15—13
16×21	» 42	» 30	» 21—26	» 19—16
18×24	» 48	» 36	» 24—30	» 21—18
21×27	» 54	» 40	» 27—34	» 24—21
24×30	» 60	» 45	» 30—38	» 27—24
30×40	» 80	» 60	» 40—50	» 35—30
Kuvakulma	vähint. 35°	vähint. 45°	vähint. 55—65°	vähint. 70—80°

## IX. Tarkentaminen ja syvätarkkuus.

Jos tahdotaan saada riittävä syvätarkkuus himmentämättä liian paljon, on tarkennettava oikein. Tähän nähdessä on noudatettava seuraavia sääntöjä:

Milloin on kysymyksessä joku yksityinen, määrätyn matkan päässä oleva esine, jonka syvyys (eteen- ja taaksepäin ulottuvaisuus) ei ole suuri, tarkennetaan tämän esineen etäisyydelle.

Milloin on valokuvattava aihe, josta osa on hyvin lähellä, toinen osa taas hyvin kaukana, on tarkennettava lähellä olevan osan kahdenkertaiselle etäisyydelle, jos sekä lähellä että kaukana olevat osat kumpikin on saatava yhtä tarkoiksi (n. s. rajaton lähitarkennus).







Jos edellä olevan taulukon mukaan tarkennetaan täydellä aukolla, saadaan kyseenalaisen esineen sekä läheiset että kauempana olevat osat aina saman verran epätarkkoiksi. Tämän epätarkkuuden korjaamiseksi vähimpään toivottuun määräänsä on siis vastaavasti himmennettävä.

Mitä valovahvempi objektiivi on sitä huolellisemmin on tarkennus tehtävä. Jos pidetään 0,1 mm suurimpana sallittuna epätarkkuutena, on tarkennus objektiivilla, jonka suhteellinen aukko on  $F:5$ , tehtävä rajoissa  $\pm 5 \times 0,1 = \pm 0,5$  mm.; objektiivilla, jonka valovoima on  $F:10$  taas rajoissa  $\pm 10 \times 0,1 = \pm 1$  mm. j. n. e.

Yleensä onkin välttämätön tarkentamistarkkuus (T), ellei tahdota ylittää 0,1 mm:in epätarkkuutta:

$$F = 0,1 \times s \text{ mm,}$$

jossa  $s$  merkitsee suhteellista aukkoa.

Mitä pitempi objektiivin polttoväli ja suurempi sen valovoima on, sitä kauempana tulee esineen olla joutuakseen »rajattoman» etäisyyden piiriin. Jos suurin sallittu epätarkkuus on 0,1 mm, alkaa rajattomuus  $f:(0,1 \times s)$  polttovälin etäisyydessä.

Esimerkki: Objektiivin polttoväli ( $f$ ) on 150 mm ja valovoima  $s$  (suhteellinen aukko) =  $F:5$ . Rajattomuus tälle objektiiville alkaa niinmuodoin

$$\frac{150}{0,1 \times 5} = \frac{150}{0,5} = 300 \text{ polttovälin etäisyydessä,}$$

tai kun polttoväli tässä tapauksessa on 150 mm,  $300 \times 150 = 45,000$  mm = 45 metrin etäisyydessä.

Jos objektiivi himmennetään  $F:10$ :een, silloin alkaa rajattomuus

$$\frac{150}{0,1 \times 10} = \frac{150}{1} = 150 \text{ polttovälin}$$

eli  $150 \times 150$  mm = 22,500 mm = 22,5 metrin etäisyydessä.



Jos otetaan objektiivi, jonka valovoima on  $F:5$  ja polttoväli 300 mm, alkaa rajattomuus

$$\frac{300}{0,1 \times 5} = \frac{300}{0,5} = 600 \text{ polttovälin}$$

eli  $600 \times 300 = 180,000 \text{ mm} = 180 \text{ metrin etäisyydessä.}$

Siis jos polttoväli kaksinkertaistuu, silloin on rajaton tarkennus tehtävä neljä kertaa niin etäälle; toisin sanoen tarkennusetäisyys kasvaa neliösuhteessa polttoväliin.

Tarkennuksen yhteydessä käsittelemme tässä myös syvätarkkuutta.

Syvä tarkkuudella tarkoitetaan objektiivin ominaisuutta kuvata samalla kertaa tarkasti eri kaukana olevia esineitä. Oikeastaan objektiivi voi täysin tarkasti kuvata vain yhden ainoan määrätyn tason, nimittäin sen, johon tarkennus on varsinaisesti tehty. Jokainen tämän tason ulkopuolella oleva piste tulee enemmän tai vähemmän epätarkaksi. Kun kuitenkin siitä huolimatta voidaan käytännössä saada tarkaksi ei ainoastaan jokin määrätty taso, vaan myös ulottuva esine, johtuu tämä siitä, että määrättyä rajaa (0,1) pienempi epätarkkuus kuvassa ei vaikuta häiritsevästi silmäämme.

Syvä tarkkuuden lait ovat jotenkin monimutkaiset. Käytännössä on varteen otettava seuraavat säännöt:

Syvä tarkkuus riippuu objektiivin suhteellisesta aukosta ja polttovälistä sekä kuvattavan esineen etäisyydestä. Sillä ei ole mitään tekemistä objektiivin laadun (aplanaatti tai anastigmaatti j. n. e.) kanssa. Mitä lyhempi polttoväli, pienempi suhteellinen aukko ja suurempi etäisyys, sitä suurempi on syvä tarkkuus.

Kahdesta objektiivista, joiden polttoväli on sama, mutta suhteellinen aukko erilainen, on sen syvä tarkkuus pienempi, jonka valovoima on suurempi. Mutta jos valovah-

vempi oh  
valoheiko

Jos k  
mutta p  
hempi, su  
taminen

jos kum  
(eri etäisy

Jos h  
taa suur  
kuva hy  
väliä (kin

Syvä  
kennu  
siitä  
tarkennet  
manlaine

Jos s  
mm, vo  
polttoväl  
kaavojen

Tällö  
Su = syv  
f = polt  
tarkkuus  
Esim  
suhteelli  
(= 8000  
silloin:



vempi objektiivi himmennetään samaan valovoimaan kuin valoheikompikin, on kummankin syvätarkkuus sama.

Jos kahden objektiivin valovoima on samansuuruinen, mutta polttoväli eri pitkä, on sillä, jonka polttoväli on lyhempi, suurempi syvätarkkuus, edellyttäen että kuvan ottaminen tapahtuu samalta paikalta (yhtä etäältä). Mutta jos kummallakin objektiivilla otetaan samankokoinen kuva (eri etäisyydeltä), on syvätarkkuus sama.

Jos hyvin valovahvalla objektiivilla tahdotaan saavuttaa suuri syvätarkkuus, on joko otettava kyseenalainen kuva hyvin kaukaa tahi käytettävä hyvin lyhyttä polttoväliä (kinematograafikuvat).

Syvätarkkuus ulottuu määrätystä tarkennustasosta ulospäin pitemmälle kuin siitä sisäänpäin; ainoastaan luonnolliseen kokoon tarkennettaessa on syvätarkkuus molemmille tahoille samanlainen.

Jos suurimpana sallittuna epätarkkuutena pidetään 0,1 mm, voidaan syvätarkkuus määrätyille tarkennuksille, polttoväleille ja suhteellisille aukoille laskea seuraavien kaavojen mukaan.

$$S_s = \frac{T \times f^2}{f^2 + 0,1 \times s (T-f)},$$

$$S_u = \frac{T \times f^2}{f^2 - 0,1 \times s (T-f)},$$

Tällöin merkitsevät:  $S_s$  = syvätarkkuus sisäänpäin,  $S_u$  = syvätarkkuus ulospäin,  $T$  = tarkennusmatka (esineväli,  $f$  = polttoväli,  $s$  = suhteellinen aukko, 0,1 = sallittu epätarkkuusmäärä; kaikki millimetreissä.

Esimerkki: Objektiivin polttoväli ( $f$ ) olkoon 150 mm, suhteellinen aukko ( $s$ ) 1:20, ja tarkennusmatka 8 metriä (= 8000 mm). Edellä olevien kaavojen mukaan saadaan silloin:



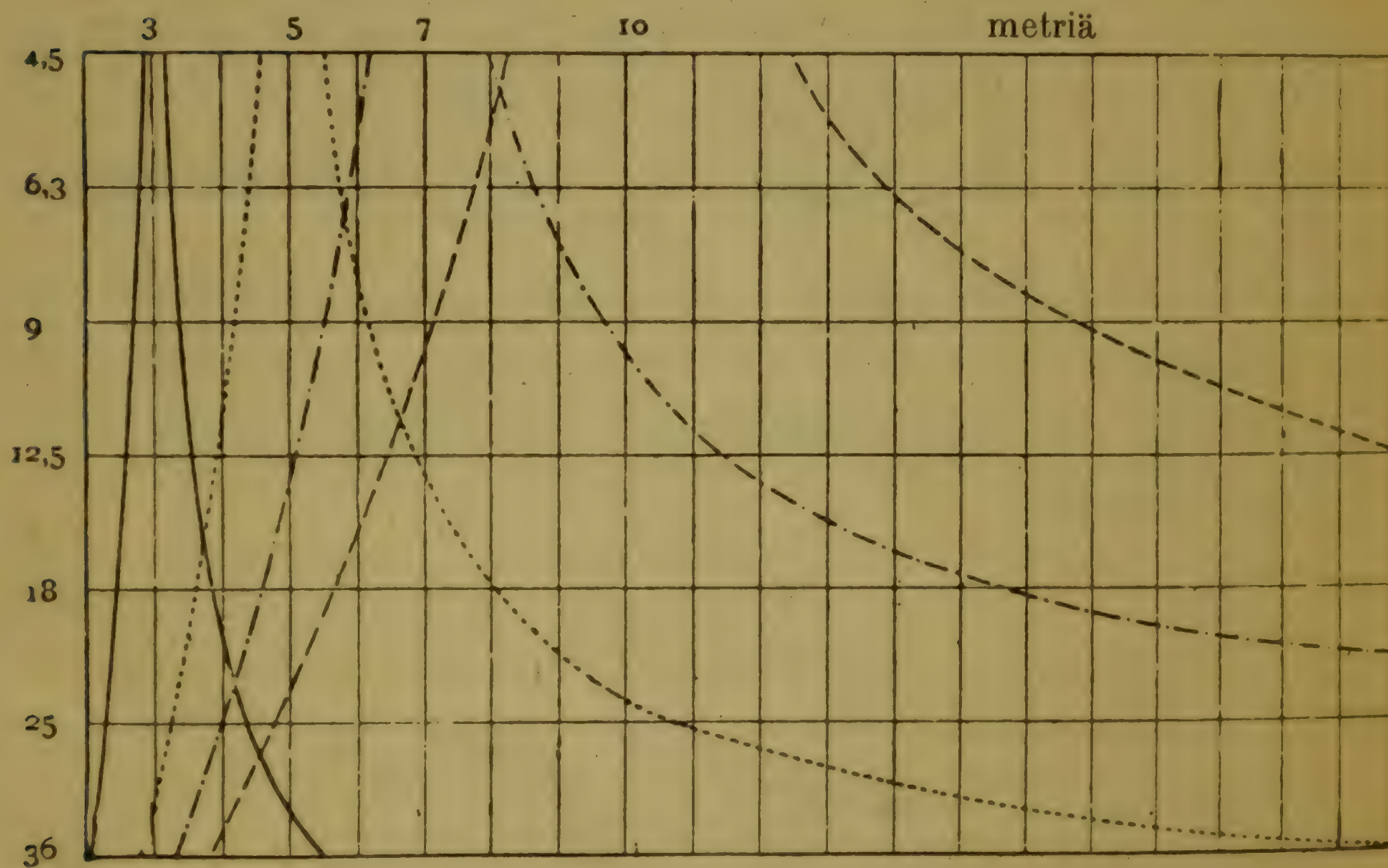
$$S_3 = \frac{8000 \times 150^2}{150^2 + 0,1 \times 20 (8000 - 150)} = 4712 \text{ mm}, = 4,712 \text{ mtr.}$$

$$S_u = \frac{8000 \times 150^2}{150^2 - 0,1 \times 20 (8000 - 150)} = 26471 \text{ mm} = 26,471 \text{ mtr.}$$

Täten saadut arvot voidaan myös järjestää joko numero- tai kuviotaulukoksi. Viimemainitusta olkoon tässä esimerkkinä seuraava:

*Syvätarkkuus 150 mm:n polttovälille*

ja tarkennukselle 3, 5, 7 ja 10 metrin etäisyyteen,  
himentäjän ollessa  $F: 4,5, 6,3, 9, 12,5$  j. n. e.



Käytännössä esiintyy usein päinvastainen tapaus, että tahdotaan tietää mitä himmentäjäaukkoa on käytettävä jonkun esineen valokuvaamiseksi niin, että sen lähimmän ja etäisimmän osan epätarkkuus olisi korkeintaan 0,1 mm. Tällöin käytetään seuraavaa kaavaa:

$$S = \frac{f(k-1)}{p \times 0,1(k+1)}$$



jossa  $s$  on etsittävä suhteellinen aukko,  $f$  polttoväli,  $k$  kauimpana ja  $l$  lähimpänä oleva osa esineestä sekä  $p$  kulloinkin kysymykseen tuleva pienennys, joka on helposti laskettavissa sivulla 25 osoitetulla tavalla. Kaikki mitat merkitään taaskin millimetreissä.

Esimerkki: Esine, jonka lähin osa on 6 metrin ja etäisin osa 11,5 metrin päässä koneesta, on valokuvattava 12 sm:in polttovälillä siten, että lähimmän ja etäisimmän kohdan (syvyyden alku- ja loppukohdan) epätarkkuus on korkeintaan 0,1 mm. Mille etäisyydelle on tarkennettava ja kuinka paljon himmennettävä?

Sivulla 42 olevan kaavan mukaan on tarkennettava:

$$E = \frac{2 \times 6 \times 11,5}{6 + 11,5} = 7,886 \text{ m:in} = 788,6 \text{ sm:in etäisyydelle.}$$

Kun käytettävän objektiivin polttoväli on 12 sm, kuvautuu esine siv. 25 olevan kaavan mukaan:

$$788,6 : 12 - 1 = 65,7 - 1 = 64,7 \text{ kertaa pienempänä.}$$

Kun sijoitetaan edellämainitut arvot ylempänä (siv. 46) olevaan  $s$ -kaavaan, saadaan:

$$s = \frac{120 (11500 - 6000)}{64,7 \times 0,1 (11500 + 6000)} = \frac{120 \times 5500}{64,7 \times 0,1 \times 17,500} = 5,8.$$

Kyseenalaisessa tapauksessa on siis objektiivi himmennettävä suhteelliseen aukkoon 1:5,8.

## X. Objektiivien eri viat.

Kun edellisissä luvuissa on puhuttu niistä tunnusmerkeistä, jotka ovat ominaisia kaikille objektiiveille, olkoot ne sitten hyviä tai huonoja, selitetään seuraavassa niitä vikailmiöitä eli n. s. poikkeamisia (valonsäteiden poikkeamisia toivotusta suunnasta), joita voi esiintyä objektiivissa yleensä, mutta joita hyvässä objektiivissa ei saa olla.



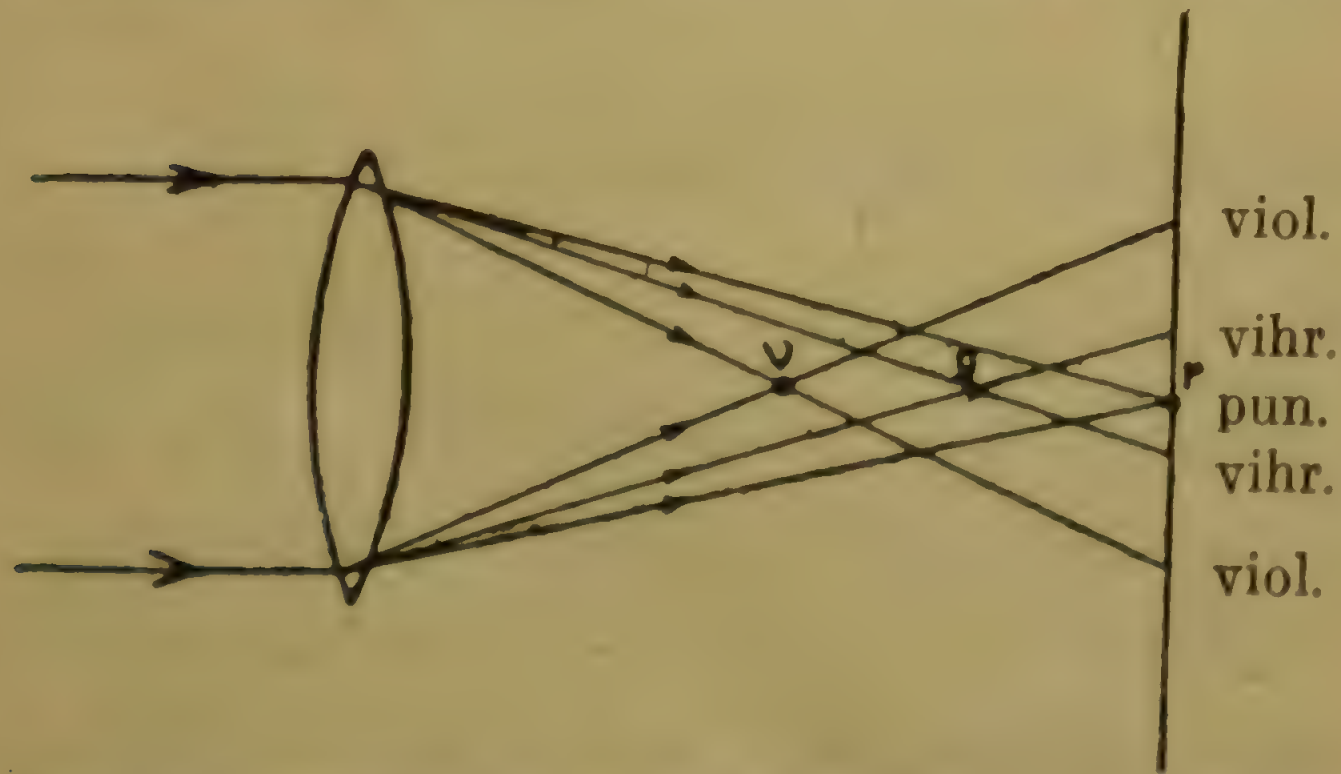
Huomattavimmat vikailmiöt ovat:

1. Väripoikkeaminen.
2. Pallopoikkeaminen ja pyrstö.
3. Kuva-alan kaarevuus.
4. Astigmatismi.
5. Vääräpiirteisyys.
6. Varjostus.
7. Valo- eli heijastustäplä.

### 1. Väripoikkeaminen.

Jos yhdistetty valo (esim. päivänvalo) kohdistuu linssiin, hajaantuu se linssin prismamaisesta vaikutuksesta spektriväreihinsä, jolloin, kuten kuva 34 osoittaa, violettisäteet taivutuvat enemmän kuin vihreät, ja viime mainittu taas enemmän kuin punaiset; edelliset leikkaavat siis toisensa lähempänä linssiä kuin viimeksi mainittu. Siten eri spektrisäteet synnyttävät sarjan toistensa takana olevia polttopisteitä (v, g, r). Tätä ilmiötä sanotaan väripoikkeamiseksi.

Jos tähyslasi asetetaan punaisten säteiden polttopisteeseen (r), muodostavat kaikki muut spektrisäteet tähyslasille n. s. hajakehriä, jotka kerrostuvat kuvapisteen päälle ja tekevät sen erikoisella tavalla epätarkaksi. Jos taas tähyslasi asetetaan violettisäteiden polttopisteeseen (v), muodostavat vain nämä tarkan kuvan, muiden muodostaessa



Kuv. 34. Optillinen (r) ja kemiallinen (v) polttopiste sekä polttovälierotus (v-r).

tällöin hajakehriä.

Jo vuonna 1758 huomasi englantilainen valo-opin tutkija Dollond, parantaessaan kaukoputkiobjektiiveja, että väripoikkeaminen voitiin poistaa, tai ainakin vähentää sitä, yhdis-

tämäl  
lasilin  
Ob  
sanot  
miksi)  
Ak  
viää  
mästä  
että jo  
nuksi  
pottam  
kitty  
Vär  
otaksut  
taan ov  
koin yh  
esim.  
voin ja  
vät mu  
seuraa,  
kaan o  
Siten j  
jota sa  
sekin  
sellaista  
pois, ja  
poikkeaa  
Tav  
värille;  
apokron  
kistettu  
tään p  
laisen  
kaikki  
tarkoika

Valokuvaa



tämällä toisiinsa kokoava ruunulasi- ja hajoittava pii-lasilinssi.

Objektiiveja, joissa väripoikkeaminen on korjattu, sanotaan **akromaattisiksi** (värittömiksi).

Akromaattisen objektiivin vaikutustapa selviää helposti akromaattisesta prismayhdistelmästä (kts. siv. 21), kun nimittäin muistetaan, että jokainen linssi voidaan ajatella kokoonpannuksi prismoista. Kuvassa 35 on käsityksen helpottamiseksi vastaava prismayhdistelmä merkitty kuvan yläosaan.



Kuv. 35.  
Akromaattinen linssi.

Väripoikkeamista sivulla 19 selitettäessä on otaksuttu, että kaksi eriväristä sädekimppua, jotka suuruudeltaan ovat samanlaiset, ovat kaikissa muissakin suhteissa tarkoin yhtäpitävät. Näin ole kuitenkin asian laita. Vaikka esim. punaiset ja violettisäteet taittuvatkin samalla tavoin ja peittävät toisensa prisman lävitse mentyään, eivät muut, esim. vihreät säteet suinkaan tee samoin. Tästä seuraa, ettei kahdelle värille akromatisoitu objektiivi suinkaan ole akromaattinen kaikkiin muihin säteihin nähden. Siten jää väripoikkeamisesta jäljelle vielä vähäinen tähde, jota sanotaan **toisarvoiseksi spektriksi**. Jos sekin poistetaan, valitsemalla sopivat lasilajit, sanotaan sellaista objektiivia **apokromaattiseksi** (kreik. *apo* = pois, ja *kroma* = väri), tarkoittaen nämä nimi siis väripoikkeamisesta täysin vapaata objektiivia.

Tavallisesti riittää objektiivin tarkistaminen kahdelle värille; ainoastaan kolmivärivalokuvauksessa on tarpeen apokromaattinen, punaiselle, vihreälle ja violetille tarkistettu objektiivi, koska kuvan ottamiseen tällöin käytetään punaista, vihreää ja violettiväristä suodatinta. Tällaisen objektiivin valmistajan on pidettävä huoli siitä, että kaikki kolme osakuvaa tulevat sekä yhtä suuriksi että yhtä tarkoiksi ja tarkennettaessa ovat kukin samalla kohdalla.



Tavallista käytäntöä varten objektiivin tarvitsee olla tarkistettu vain kahdelle värille. Kun linsejä alkujaan käytettiin katsomistarkoituksiin kaukoputkissa y. m., on luonnollista, että akromatisointi tehtiin etupäässä spektrin heleimpiä värejä, siis keltaista ja vihreää, silmällä pitäen, ja jätettiin silmään tummemmilta vaikuttavat siniset ja violettisäteet kokonaan huomioon ottamatta. Sellaista tarkistusta sanotaan optilliseksi värikorjaukseksi. Daguerre'n kamerassaan käyttämä objektiivi oli tällainen. Erikoisesti projektsionitarkoituksia varten tehdyt objektiivit ovat niinkään tarkistettut tällä tavalla eivätkä sen vuoksi ole sopivia valokuvien suurentamiseen.

Vuonna 1844 havaitsi Claudet, että valokuvauslevy on herkkä aivan toisille säteille kuin silmä, nimittäin juuri optillisesti tummille sinisille, tummansinisille ja violetti-säteille. Tästä seuraa, että optillisesti tarkistettua objektiivia käytettäessä valokuvauslevy on asetettava toiseen paikkaan kuin tähyslasi tarkennettaessa, jotta kuva tulisi täysin tarkka.

Valokuvauksellisesti enimmäin vaikuttavien säteiden polttopistettä sanotaan kemialliseksi polttopisteeksi, optillisesti kirkkaiden säteiden taas optilliseksi polttopisteeksi ja näiden kummankin välistä eroa polttovälierotukseksi. Kuvassa 34<sup>o</sup> esittää tätä välimatka  $v-r$ .

Polttovälierotuksen poistamiseksi ei valokuvausobjektiveja sittemmin tarkistettu enää kahta optillisesti heleää väriä (keltaista ja vihreää), vaan yhtä optillisesti heleää ja toista valokuvauksellisesti vaikuttavaa väriä, esim. keltaista ja tummansinistä, silmällä pitäen. Jos näiden kummankin värin polttopisteet yhtyvät, on objektiivi vapaa polttovälierotuksesta tai, kuten sanotaan, valokuvauksellisesti akromatisoitu.

Monissa tapauksissa, kuten esim. tähtivalokuvauksessa, ei polttovälierotus merkitse mitään, koska tällöin rajat



tomalle etäisyydelle kerta kaikkiaan tehty tarkennus pysyy muuttumatta. Näihin tarkoituksiin aijottu objektiivin akromatisoidaan sen vuoksi erikoisesti, mahdollisimman hyvän tuloksen saavuttamiseksi, kemiallisesti vaikuttaville sinisille ja violettisäteille, jättämällä optillisesti heleät säteet kokonaan huomioon ottamatta. Tällaista akromatisoimista sanotaan *aktiiniseksi*, s. o. kemiallisesti vaikuttavaksi. Kuvaa ei tällaisista objektiiveista käytettäessä tarkenneta tähyslasille, vaan määrätään sen tarkkuus ottamalla sarja koekuvia.

Polttovälierotus ilmenee käytännössä siten, että valokuvassa toinen kohta tulee tarkemmaksi kuin se, joka tarkennettiin. Jos esim. rintakuvaa otettaessa on tarkennettu silmien kohdalle, niin että siinä on hiukan epä-tarkempi kuin nämä, tekee objektiivin, jossa on polttovälierotus, sellaisen kuvan, jossa näkökenttä on tarkkapiirteisempi, silmät sitävastoin vähän epäselvemmät. Tarkkuus siirtyy siis kuvaa otettaessa, ja tavallisesti sisäänpäin.

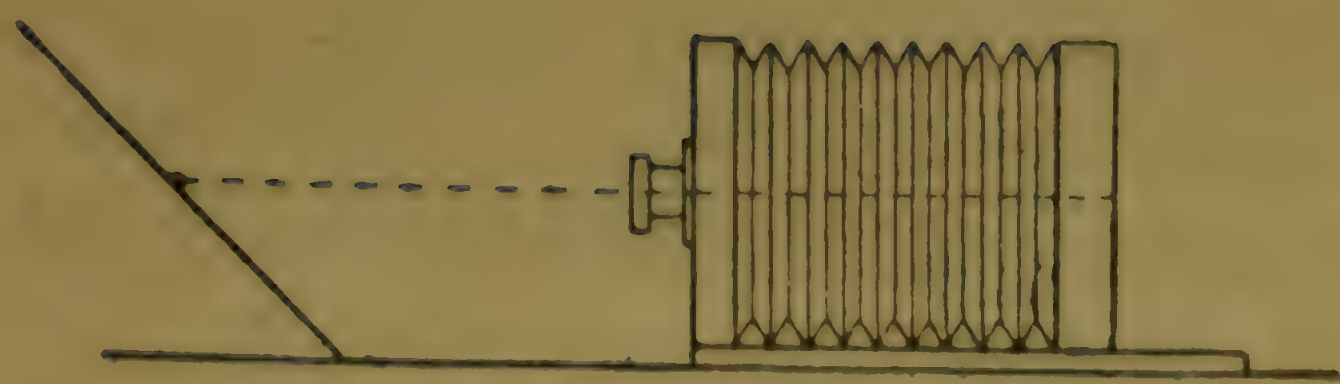
Kun objektiivissa on polttovälierotus, voidaan tarkkuuden siirtymistä estää siten, että kameran tähyslasia ja objektiivin välimatkaa tarkennuksen jälkeen lyhennetään ja kuva otetaan vasta sitten, tai tahallaan tarkennetaan johonkin etäämpänä olevaan pisteeseen kuin se, joka halutaan saada tarkimmaksi kuvassa.

Eri objektiivilajeista ovat etupäässä vanhat muoto-kuvaobjektiivit, samoin silmälasiobjektiivin ja periskooppi-tyylinä tämän muunnos, bistigmaatti, sellaisia, joita polttovälierotus haittaa. Kuitenkin voi tämä vika esiintyä uuden-aikaisissakin objektiiveissa, jos ne ovat huonoa valmistetta tai puhdistuksen jälkeen väärin kokoonpantuja.

Objektiivin polttovälierotusta koetellaan seuraavalla tavalla:

Viistoon asetetulle piirustuslaudalle (kuv. 36) kiinnitetään painettu paperiarkki ja tähyslasin keskikohdalle satutuva rivi tarkennetaan hyvin tarkaksi. Kuvan ylä- ja ala-





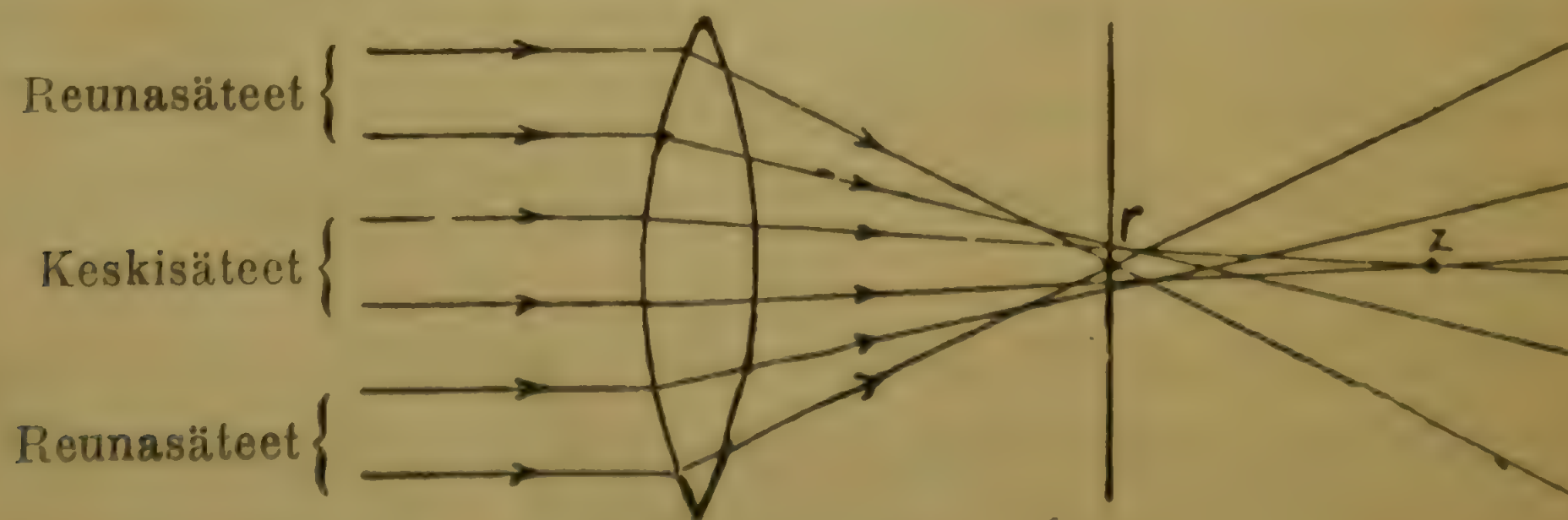
Kuv. 36. Polttovälierotuksen tarkastus.

kellä oleva rivi ja tarkennusta millään tavoin muuttamatta otetaan kuva. Kun negetiivi on valmis, katsotaan siitä onko tähyslasin keskelle tarkennettu rivi tässäkin tarkin. Ellei niin ole asian laita, vaan joku muu rivi on tarkempi kuvassa, haittaa objektiivien polttovälierotus.

Tämän yhteydessä mainittakoon, että toinenkin vika, nimittäin kasettierotus, voi aiheuttaa samanlaisen ilmiön, ja sen vuoksi on tarkoin otettava selville, kumpi näistä erotuksista kulloinkin on todella kysymyksessä. Kasettierotuksella tarkoitetaan, kuten tunnettua, sitä vikaa, että levyn valoherkkä kalvo ei kasetin paikoillaan ollessa satu aivan samalle kohdalle, kuin tähyslasin himmeä puoli. Mittaamalla viivoittimella ja millimetrimitalla saadaan pian selville onko kasettierotusta olemassa vai ei.

## 2. Pallopoikkeaminen ja pyrstö.

Voidaksemme selittää ensinmainitun omituisen vika-ilmiön ajattelempa yksinkertaisen valon, esim. punaisen, kohdistuvan linssiin (kuv. 37). Tämä ei siis linssin läpi kulkiessaan enää hajaannu, vaan ainoastaan taittuu, ja

Kuv. 37. Pallopoikkeaminen ( $r - z$ ).

puoli tulevat tällöin sitä epätarkemmiksi mitä kauempana keskustasta ne ovat. Nyt pannaan tarkoin merkille tähyslasin kes-

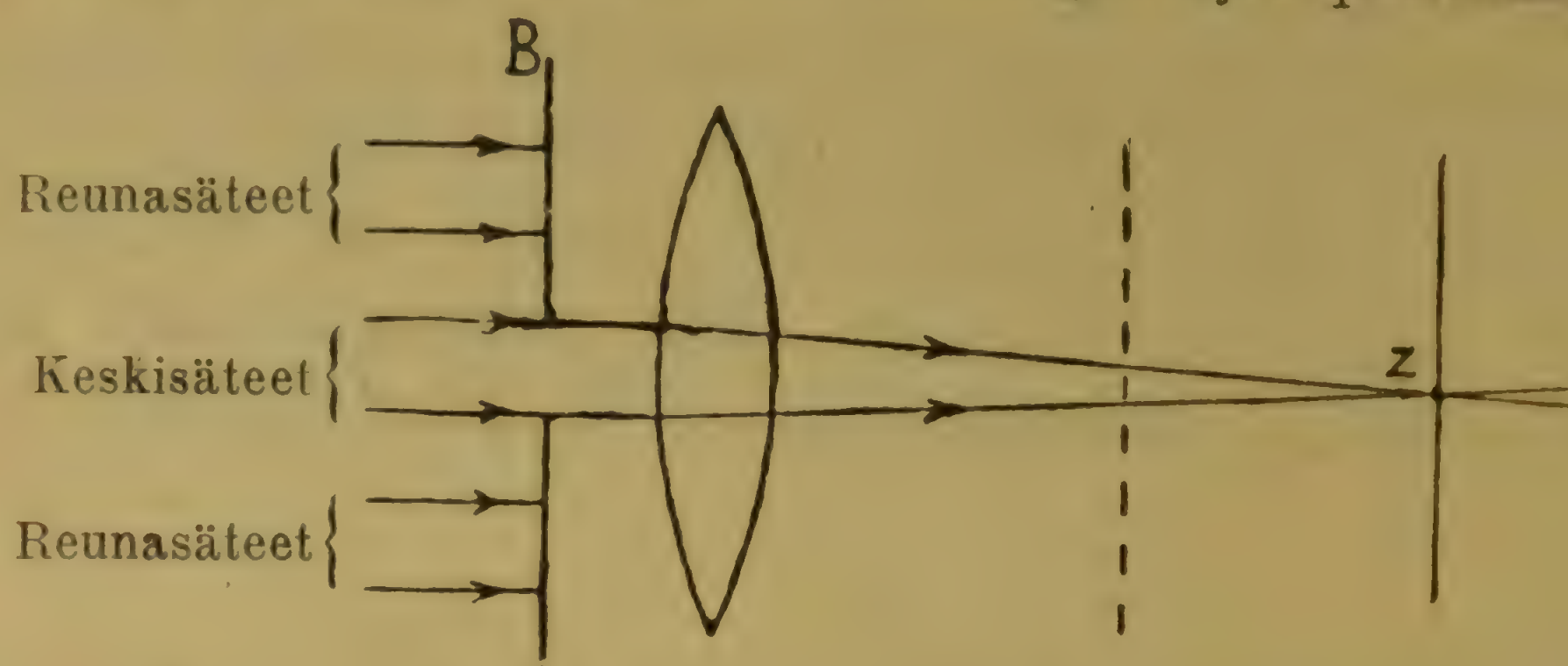
kun  
kellä  
n.s.  
naa  
tumi  
poltt  
olevi  
säteie  
E  
m i s

suude  
asetet  
säteet  
tähys  
teese  
Oh  
mällä  
sen p  
heutt  
teyde  
Oh  
ten,  
himm  
selvill  
jossa  
himm



kun jokaisen linssin prismamainen vaikutus on pienempi keskellä kuin reunoilla, niin lähellä keskikohtaa kulkevat säteet, n.s. k e s k i s ä t e e t, taistuvat vähemmän kuin lähellä reunaan kulkevat, n.s. r e u n a s ä t e e t; muiden säteiden taittuminen tapahtuu tällä välillä. Täten syntyy pitkulainen polttopiste ( $r-z$ ) tai oikeastaan useita toistensa takana olevia polttopisteitä, joista linssiä lähinnä oleva ( $r$ ) on reunasäteiden ja siitä etäisim ( $z$ ) keskisäteiden polttopiste.

Edellä selitettyä ilmiötä sanotaan p a l l o p o i k k e a m i s e k s i, koska se johtuu linssinpintojen pallonmuotoi-



Kuv. 38. Himmentämisen vaikutus pallopoikkeamiseen.

suudesta. Pallopoikkeamisesta seuraa, että jos tähyslasi asetetaan reunasäteiden leikkauspisteeseen ( $r$ ), kaikki muut säteet synnyttävät epätarkkuutta, ja samoin on laita, jos tähyslasi päinvastoin asetetaan keskisäteiden leikkauspisteeseen ( $z$ ).

Objektiivintekijä poistaa pallopoikkeamisen yhdistämällä kokoavan ja hajoittavan linssin siten, että jälkimmäisen päinvastainen prismavaikutus kumoaa edellisen aiheuttaman. Tämä tehdään väripoikkeamiskorjauksen yhteydessä (kts. siv. 49)

Objektiivin pallopoikkeaminen ilmenee käytännössä siten, että tarkkuus siirtyy, jos tarkennetaan suurimmalla himmentäjäaukolla ja sitten himmennetään. Tämä käy selville seuraavasta: Jos otaksumme, että objektiivilla, jossa on pallopoikkeaminen, tehdään tarkennus suurinta himmentäjäaukkoa käyttäen, niin tähyslasi tulee valokeilan



kapeimmalle kohdalle (r), kuten kuvasta 37 näkyy. Jos nyt objektiivia himmennetään niin, että vain keskisäteet muodostavat kuvan, kuten kuvasta 38 näkyy, silloin katoaa reunasäteiden yhtymäpiste (r) ja jäljelle jää vain keskisäteiden yhtymäpiste (z). Tietenkin on tähyslasi tällöin siirrettävä viimemainittuun pisteeseen. Toisin sanoen: käytettäessä objektiivia, jossa on polttovälierotus, tarkennuskohta muuttuu himmennettäessä. Kun vika on yhteydessä himmentäjän kanssa, sanotaan sitä usein myös *himentäjäerotukseksi*.

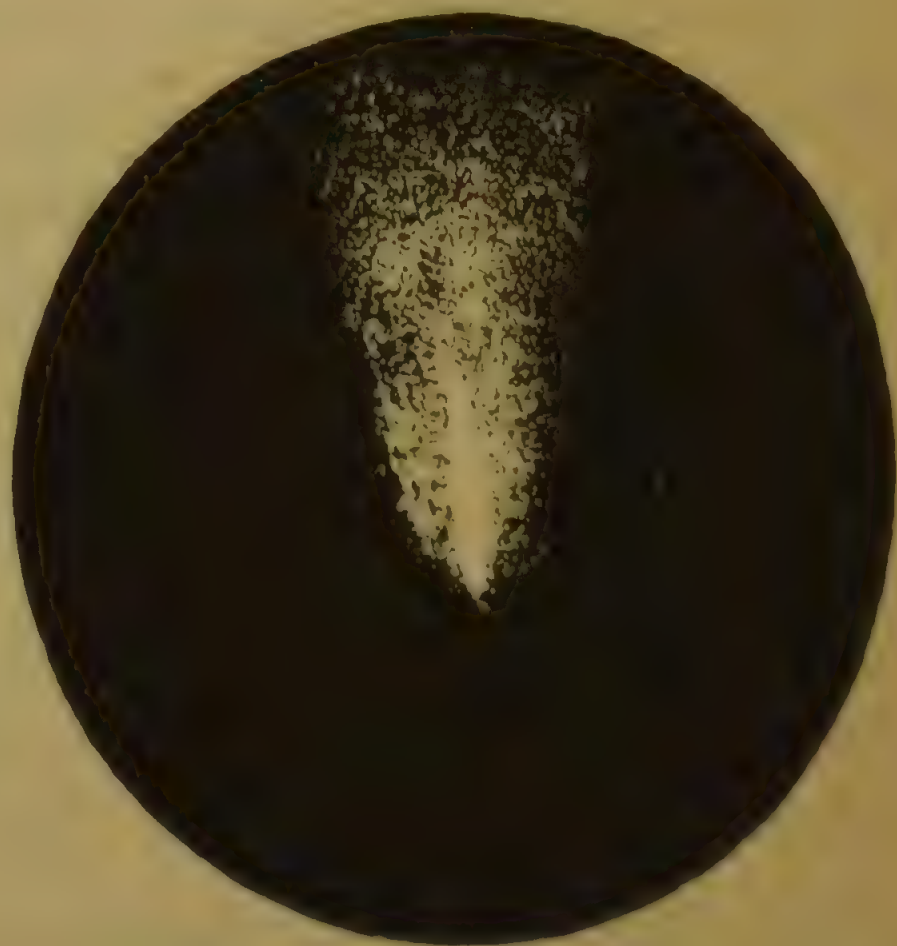
Vanhanaikaisissa objektiiveissa on himmentäjäerotus usein varsin suuri, minkä vuoksi näihin nähden on sääntönä, että tarkennettaessa on käytettävä sitä himmentäjäaukkoa, jolla kuva ajotaan ottaa. Uusimallisten objektiivien suhteen ei tämä varokeino yleensä ole tarpeen.

\*

Pallopoikkeamisesta puhuttaessa on tähän asti otettu huomioon vain ne säteet, jotka kohdistuvat objektiiviin valo-opillisen akselin suuntaisina. Mutta linssiin kohdistuu, kuten kuva 39 osoittaa, viistojakin säteitä varsin erilaisin kulmin. Tästä johtuu, että ne myös taittuvat hyvin eri tavalla, ja täten aiheutuu valonsäteiden yksipuolinen kasaantuminen kuvapisteeseen, joka siten muodostuu



Kuv. 39. Pyrstön muodostuminen.



Kuv. 40. Pyrstö runsaasti suurennettuna.

pyrstötä  
opillinen  
näyttää

Jos  
noiltaan  
päässä  
kaita, m  
kaan eri

Kosk  
tämätön  
kuvapist  
kuitenka  
ovat lau  
sella ka  
nalla, k  
41 näkyy  
sanotaan  
kaarev

Kun  
jossa tä  
tarkenne  
keskelle  
vää, ett  
säteet,  
dostavat  
tarkkuud  
auttaa s  
kuvattav  
kuvia o  
tulivat  
tenkin v  
tehtuuri



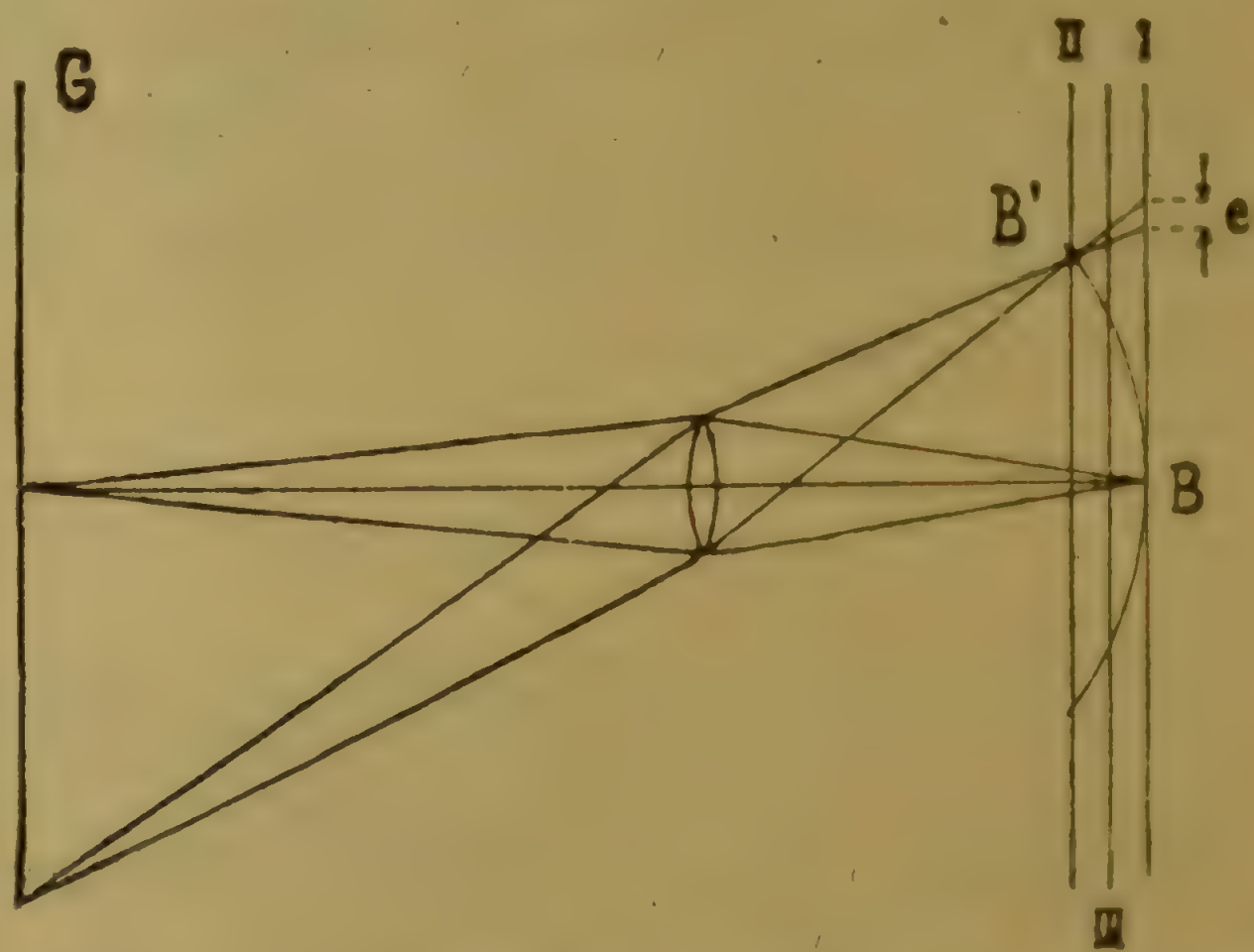
pyrstötähden näköiseksi; siitä syystä onkin tämä valopillinen vikailmiö saanut pyrstö-nimen. Kuva 40 näyttää ilmiön runsaasti suurennettuna.

Jos objektiivissa on pyrstövikä, näyttää valokuva reunoiltaan omituisen epäselvältä. Tämä vika haittaa etupäässä n. s. kittaamattomien kaksoisanastigmaattien puolikkaita, minkä vuoksi nämä puolikkaat eivät hyvin sovellu-kaan erikseen käytettäväksi edes runsaasti himmennettynä.

### 3. Kuva-alan kaarevuus.

Koska valokuva otetaan tasapintaiselle levylle, on välttämätöntä, että kaukana olevan esineen (kuv. 41 G) eri kuvapisteen syntyvät samoin tasaisella pinnalla. Niin ei kuitenkaan aina ole laita, vaan kuvapisteen (B, B' j. n. e.) ovat lautasen muotoisella kaarevalla pinnalla, kuten kuvasta 41 näkyy. Tätä ilmiötä sanotaan kuva-alan kaarevuudeksi.

Kun objektiivilla, jossa tämä vika on, tarkennetaan levyn keskelle B:hen, on selvää, että ne valonsäteet, jotka muo-



Kuv. 41. Kuva-alan kaarevuus (BB') ja keski-  
välitarkennus (III).

dostavat pisteen B', synnyttävät  $e$ :n suuruisen epätarkkuuden. Käytännössä on tätä vikaa kauan täytynyt auttaa siten, että asetettiin, jos suinkin mahdollista, valokuvattavat kaarenmuotoiseen asentoon, esim. ryhmäkuvia otettaessa, joten sivulla seisovien henkilöiden kuvat tulivat lähemmäksi tähtylasitasoa. Tämä järjestely oli tietenkin vain hätäkeino, jota useissa tapauksissa, esim. arkkitehtuurikuvissa, ei voitu käyttää.



Jotta viimeksimainitun laatuissa tapauksissa saataisiin miedonnetuksi kuva-alan kaarevuuden aiheuttamaa vika-  
ilmiötä, joka esiintyy siten, että kuvan tarkkuus nopeasti  
vähenee keskeltä reunoja kohti, täytyy tehdä n. s. keski-  
välitarkennus, s. o. ensin tehdään tarkennus kes-  
kelle (I) ja sitten samoin reunoille (II) sekä asetetaan sen jäl-  
keen tähyslasi tai levy näiden kummankin keskivälille (III).  
Tällä tavoin ei tosin saada sen paremmin keskustaa kuin  
reunojakaan täysin tarkoiksi, mutta erotus kummankin  
välillä tulee enemmän tai vähemmän tasoitetuksi ja siten  
kuva kokonaisuudessaan saa tasaisemman, paremman keski-  
välitarkkuuden. Sen parantamiseksi voidaan objektiivia  
vielä himmentää.

Kuva-alan kaarevuudenkin ovat optikot osanneet tar-  
koituksen mukaisella rakenteella poistaa. Uudenaikaisissa  
objektiiveissa se käytännöllisesti katsoen on varsin pieni.  
Sitävastoin on kyseenalainen vika etenkin vanhoissa muoto-  
kuvaobjektiiveissa hyvin suuri, voiden toisinaan tehdä  
useita millimetrejä.

#### 4. A s t i g m a t i s m i.

(Pisteettömyys).

Jos ajattelemme jostakin valo-opillisella akselilla ole-  
vasta pisteestä neljä sädettä kohdistuvan linssiin niin, että  
yksi sattuu sen ylä- ja toinen alareunaan, kolmas vasem-  
malle ja neljäs oikealle, havaitsemme helposti, että nämä  
neljä sädettä niihin kuuluvien kohtisuorien (kyseenalaisten  
linssinpintojen kaarevuuskeskipisteistä tulevien säteiden)  
kanssa muodostavat keskenään yhtä suuret tulokulmat.  
Kun nämä ovat toistensa suuruiset, on selvää, että nuo  
neljä sädettä myös taittuvat samalla tavoin ja yhtyvät  
linssin läpi kuljettuaan siis myöskin samassa pisteessä.

Varsi  
tule aks  
pisteestä  
loin enää  
etteivät  
vätkä y  
ten synt  
( $f_1$  ja  $f_2$   
täiseen, t  
opillisen

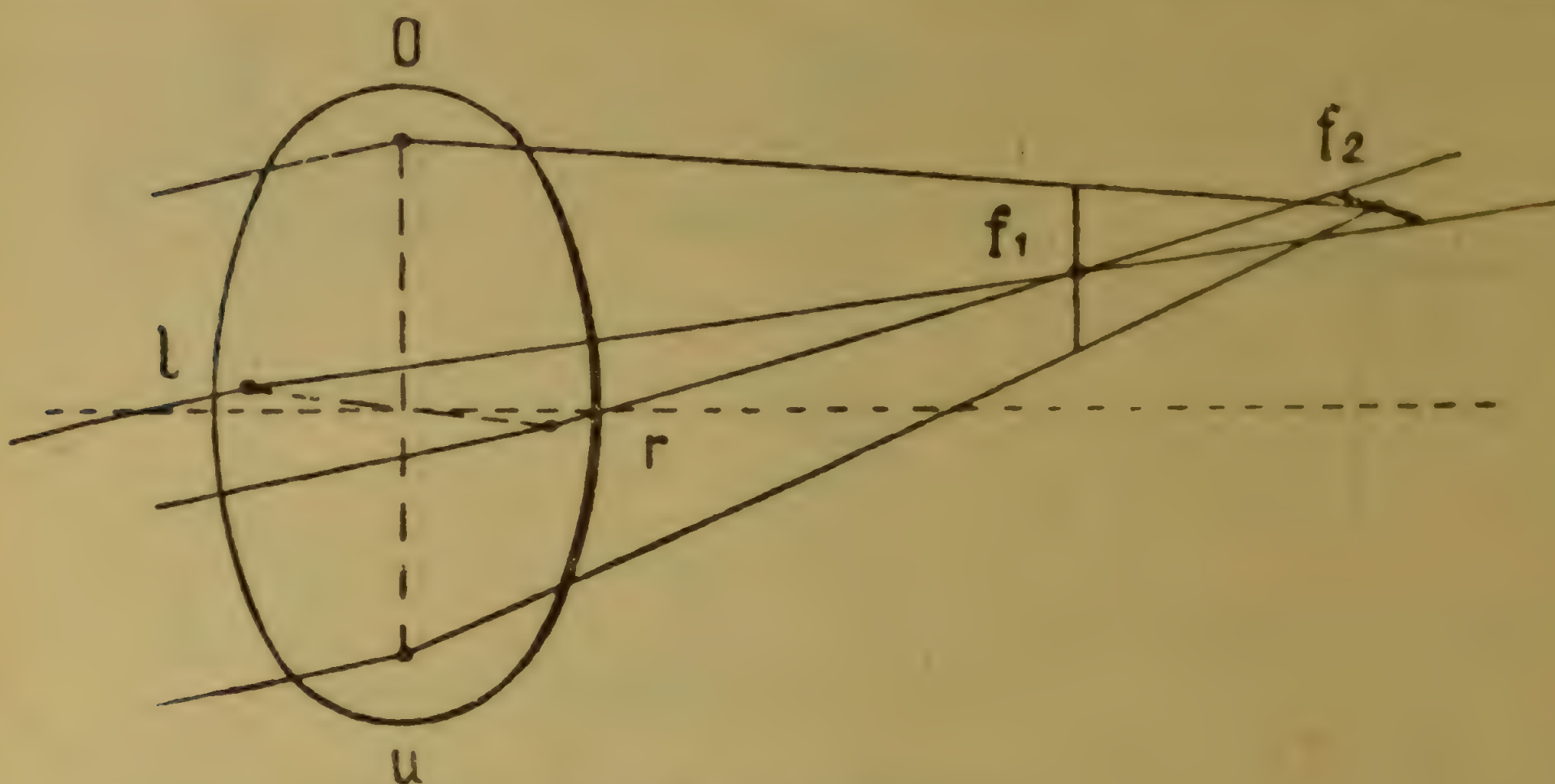
kuvapiste  
män epä  
tismi (

Valo-o  
kin mitää  
massa m  
Astigmati  
epäselvyy  
polttopiste  
seksi erot

Astigm  
sin hyvin  
kennetaan  
osoittaa.



Varsin toisin on asian laita, jos nuo neljä sädettä eivät tule akselilla sijaitsevasta, vaan sen ulkopuolella olevasta pisteestä. Ne eivät asianomaisten kohtisuorien kanssa silloin enää muodosta yhtäsuuria tulokulmia, ja siitä seuraa, etteivät ne nyt enää myöskään taitu samalla tavalla eivätkä yhdy toisella puolen linssiä samassa pisteessä. Täten syntyy kaksi toistensa takana olevaa polttopistettä ( $f_1$  ja  $f_2$  kuv. 42), joista toinen on vähän venynyt pitkitäiseen, toinen taas poikittaiseen suuntaan. Kun siis valo-opillisen akselin ulkopuolella olevasta pisteestä yhden



Kuv. 42. Astigmatismi.

kuvapisteen asemesta syntyy kaksi, enemmän tai vähemmän epätarkkaa, on tämän vikailmiön nimenä *astigmatismi* (kreik. *a* = ei, ja *stigma*-piste) s. o. pisteettömyys.

Valo-opillisen akselin lähellä ei esiinny mitään tai tuskin mitään astigmatismia, mutta se ilmenee sitä runsaamassa mitassa mitä etäämmälle keskiakselista mennään. Astigmatismi aiheuttaa siis, kuten kuva-alan kaarevuuskin, epäselvyyttä kuvan reunoilla. Kummankin edellämäinitun polttopisteen ( $f_1$  ja  $f_2$ ) välimatkaa sanotaan astigmaattiseksi erotukseksi.

Astigmatismien mahdollinen olemassa olo voidaan varsin hyvin todeta siten, että kyseenalaisella objektiivilla tarkennetaan kaksi ristikkäin olevaa viivaa, kuten kuva 43 osoittaa. Tietenkin on tämä koe-esine tarkennettava enem-



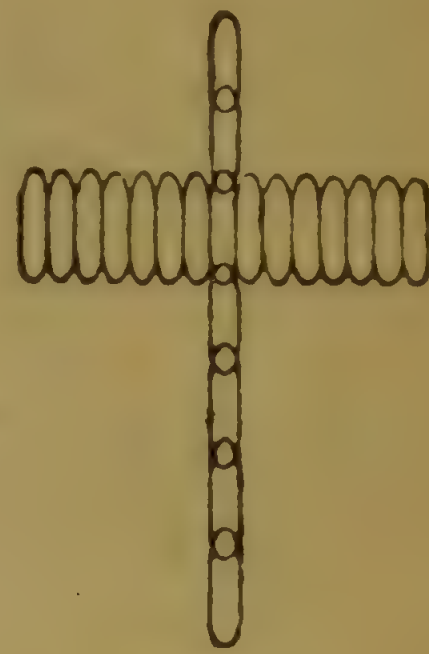
män tai vähemmän sivulle tähyslasin keskikohdasta, koska astigmatismi, kuten mainittu, esiintyy vain reunapuolilla. Jos nyt objektiivilla, jota astigmatismi haittaa, tarkennetaan sanotulla tavalla puheenaoleva risti, saadaan nähdä se omituinen ilmiö, että toisella kertaa vaakasuora viiva tulee jotenkin tarkaksi, mutta kohtisuora sitävastoin epätarkaksi, kun taas toisella kertaa asian laita on aivan päinvastoin, aina sen mukaan kumpi astigmaattisen erotuksen päätepiste kulloinkin on kysymyksessä. Kun ollaan pitkittäisen polttopisteen ( $f_1$ ) lähellä, silloin tulee vaaka-



Kuv. 43. Esine.



Kuv. 44.



Kuv. 45.

Astigmaattinen kuva.

suora viiva tarkaksi, samalla kun kohtisuora näyttää hyvin leveältä, (kuv. 44); poikittain venyvän polttopisteen ( $f_2$ ) lähellä taas on asianlaita päinvastoin (kuv. 45).

Sittenkun lasitehdas Schott & Gen., Jenassa, oli keksinyt (1888) uudet lasilajit, joilla erikoisen kemiallisen kokoomuksensa vuoksi on erityisiä optillisia ominaisuuksia valontaittamiseen ja värinhajoittamiseen nähden (n. s. jenalaiset lasit), kävi mahdolliseksi astigmatismien korjaaminen. Tällaisia objektiiveja sanotaan *anastigmatteiksi* (An-a-stigmaatti = ei pisteetön = pisteellinen).

Muuten nykyajan optikot ovat sopineet siitä, ettei joista objektiiveja, joissa vain astigmatismi on korjattu, sanota anastigmatiksi. Ensiluokkaiset toiminimet vaativat anastigmaatilta, että astigmatismien yhteydessä kuva-alan kaarevuuskin on poistettu, ja nimittävät tätä kaksinkertaista korjausta anastigmaattisesti tasoitetuksi kuva-alaksi.

Anastigmatismi muuttuu, sillä nimistö maatti.

Jos objektiivin astigmatismi ja sen korjaukseksi anastigmatismi. Mutta jos lasket ovat kaksinkertaiset, astigmatismi ja astigmatismi tetyt kolme.

Ensimmäinen vuonna 1800 paan Goethe nimestä I.

Sitten objektiivien mitä optikoina on voimaan t.

Jos optikoinen valo-opillinen sädetä, osoittaa, kolme pääobjektiivike.

Tästä enemmän noja koh.



Anastigmaatti-nimityksellä harjoitetaan paljon vallattomuutta, eikä siis läheskään jokainen tällä tai tämänkaltaisella nimellä kaupassa kulkeva objektiivi ole anastigmaatti.

Jos objektiivissa kokonaisuudessaan on korjattu astigmismi ja kuva-alan kaarevuus, sanotaan sitä yksinkertaiseksi anastigmatiksi tahi lyhyesti vain anastigmatiksi. Mutta jos koko objektiivin ohella myös sen molemmat puoliskot ovat mainitussa suhteessa korjatut, nimitetään sitä kaksoisanastigmatiksi. Triplet- (kolmois-) anastigmatilla ei kuitenkaan tarkoiteta kolminkertaista anastigmaattia, vaan yksinkertaista, jonka linssit ovat järjestetyt kolmeen ryhmään (kts. kuv. 82).

Ensimmäisen yksinkertaisen anastigmatin valmisti Zeiss vuonna 1890; ensimmäisen kaksoisanastigmatin laski kauppaan Goerz vuonna 1893 nimellä »Dagor» (lyhenne saksal. nimestä Doppel-Anastigmat-Goerz).

Sittemmin on valmistettu koko joukko samankaltaisia objektiiveja, aina täydellisimpiin objektiivimuotoihin asti mitä optillinen teollisuus on voinut aikaansaada. Viime aikoina on kehitys tässä teollisuudessa, etenkin mitä valovoimaan tulee, ollut varsin huomattava.

## 5. Varjostus.

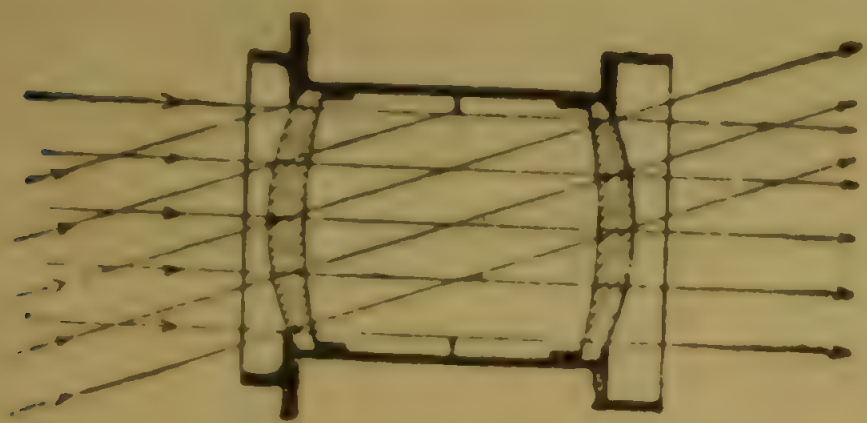
Jos otaksutaan, että objektiiviin kohdistuu viisi sen valo-opillisen akselin suuntaista ja samoin viisi viistoa valonsädettä, niin kaikki ensinmainitut menevät, kuten kuva 46 osoittaa, objektiivin lävitse, mutta viimemainituista vain kolme pääsee levyyn asti, jäljelle jäävät kaksi pidättää objektiivikehys.

Tästä esimerkistä näkyy, että levyn keskikohta saa enemmän valoa kuin reunat. Tätä valon vähenemistä reunoja kohti sanotaan varjostukseksi.

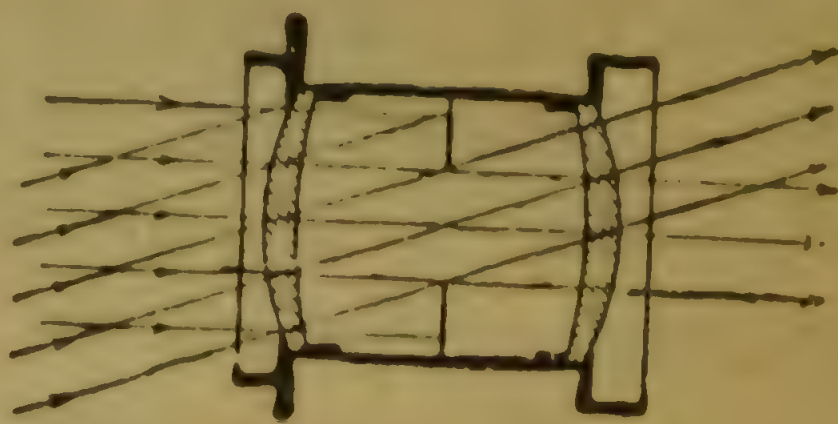


Varjostus on sitä suurempi mitä viistommin säteet lankeavat, kunnes vihdoin, tulokulman ollessa määrätyn suuruisen, ei mitään valoa yleensä enää mene objektiivin läpi.

Etenkin vanhoissa, pitkärakenteisissa muotokuvaobjektiiveissa on varjostusvika hyvin suuri; mutta myöskin laajakulmaobjektiiveissa esiintyy se melkoisessa määrässä, koska tällöin valonsäteet lankeavat hyvin vinosti levyyn ja si-



Kuv. 46. Varjostus.



Kuv. 47. Varjostuksen väheneminen  
himmentämällä.

ten, niinkuin sivulla 13 nähtiin, niiden vaikutus tuntuvasti vähenee. Niinikään voidaan tämä vika huomata joissakin uusimmissa, äärimmäisen valovahvoissa objektiiveissa, vaikkakin verraten vähäisessä määrässä.

Varjostuksen vähentämiseksi on keksitty erilaisia, enemmän tai vähemmän tepsiviä apukeinoja. Tunnetuimpia näistä ovat n. s. kompensattori (tasaaja) ja tähtihimmentäjä. Ensiksi mainittu on tasalaaka, keltainen tai harmaa lasilevy, jonka läpikuultavuus enenee keskeltä reunoja kohti. Tämä saadaan aikaan siten, että keltaisesta tai harmaasta lasista tehty tasakuperalinssi yhdistetään (kittaamalla) tasakoveraan, värittömästä lasista tehtyyn linssiin, jolloin kaarevilla pinnoilla luonnollisesti tulee olla yhtä suuri, vaikka päinvastainen kaarisäde (kts. kuv. 48).



Kuv. 48.  
Kompensaattori.

Tällaisen kompensattorin, joka kiinnitetään objektiiviin, vaikutus on seuraava:

Valo-opillisen akselin suuntaan himmentäjän kautta menevien valonsäteiden täytyy kulkea kompensattorin tummimman keskimmäisen osan lävitse, jonka vuoksi ne suuresti heikontuvat. Viistoon objek-

tiivin kautta  
saattorin vaa  
ollen vähenn  
voiman tasa

Tähtihim  
saattorikin. S  
pera levy, jok  
kaalla tavalla

»Hypergon» la

Muuten va  
tää himmentä

posti kuvasta  
aukosta ei ob  
suuntaisia säte  
vähenee niin ol

Mainittakoo  
siitäkin, että o  
aukkoinen.

Jos valonsä  
vain osa siitä (l  
astuu tunnettu  
voi sattua, että  
nösikin erilailla n  
joutuu levyyn,  
tälle vahvuuten  
enemmän tai vä  
vän lisäkuvan.  
sanotaan valo  
Se on sitä selven  
remmat valovast  
lokuvattavassa es



tiivin kautta kulkevat säteet sitävastoin menevät kompensattorin vaaleampien reunojen lävitse ja heikontuvat niin ollen vähemmän. Täten siis todella saavutetaan haluttu valovoiman tasaantuminen kuvan keskustan ja reunojen välillä.

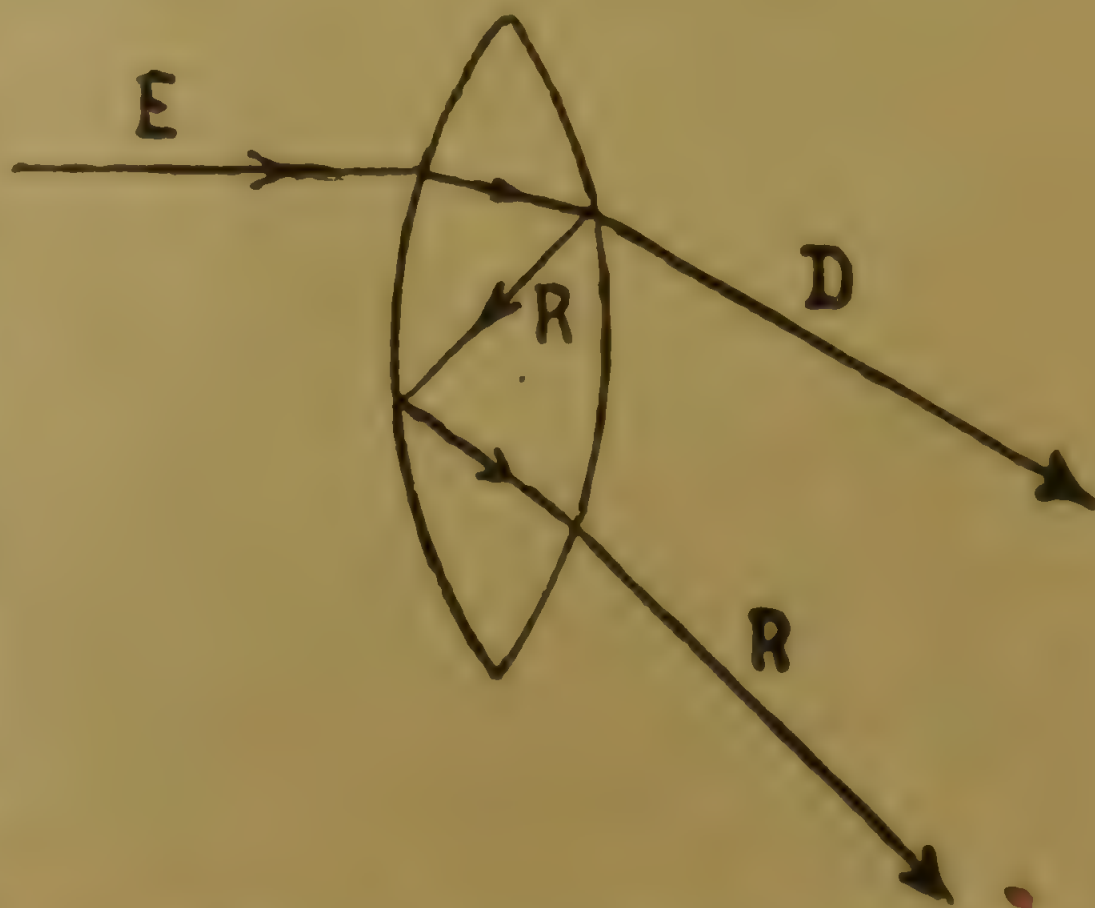
Tähtihimmentäjä vaikuttaa samalla tavoin kuin kompensattorikin. Se on tähdenmuotoinen, läpinäkymätön, kupera levy, joka pyörii objektiivin edessä. Erittäin nerokkaalla tavalla tämä tähtihimmentäjä on sovitettu Goerz'in »Hypergon» laajakulmaobjektiivin yhteyteen (kuv. 87).

Muuten varjostusta voidaan suuressa määrässä vähentää himmentämällä runsaasti. Tämä tosiasia selviää helposti kuvasta 47, joka osoittaa, että pienestä himmentäjäaukosta ei objektiivin kautta mene valo-opillisen akselin suuntaisia säteitä sen enemmän kuin viistojakaan. Varjostus vähenee niin ollen — vaikkakin valotusajan kustannuksella.

Mainittakoon vielä, että varjostus syntyy levyyn usein siitäkin, että objektiiviin sijoitettu sulkija on liian pienaukkoisen.

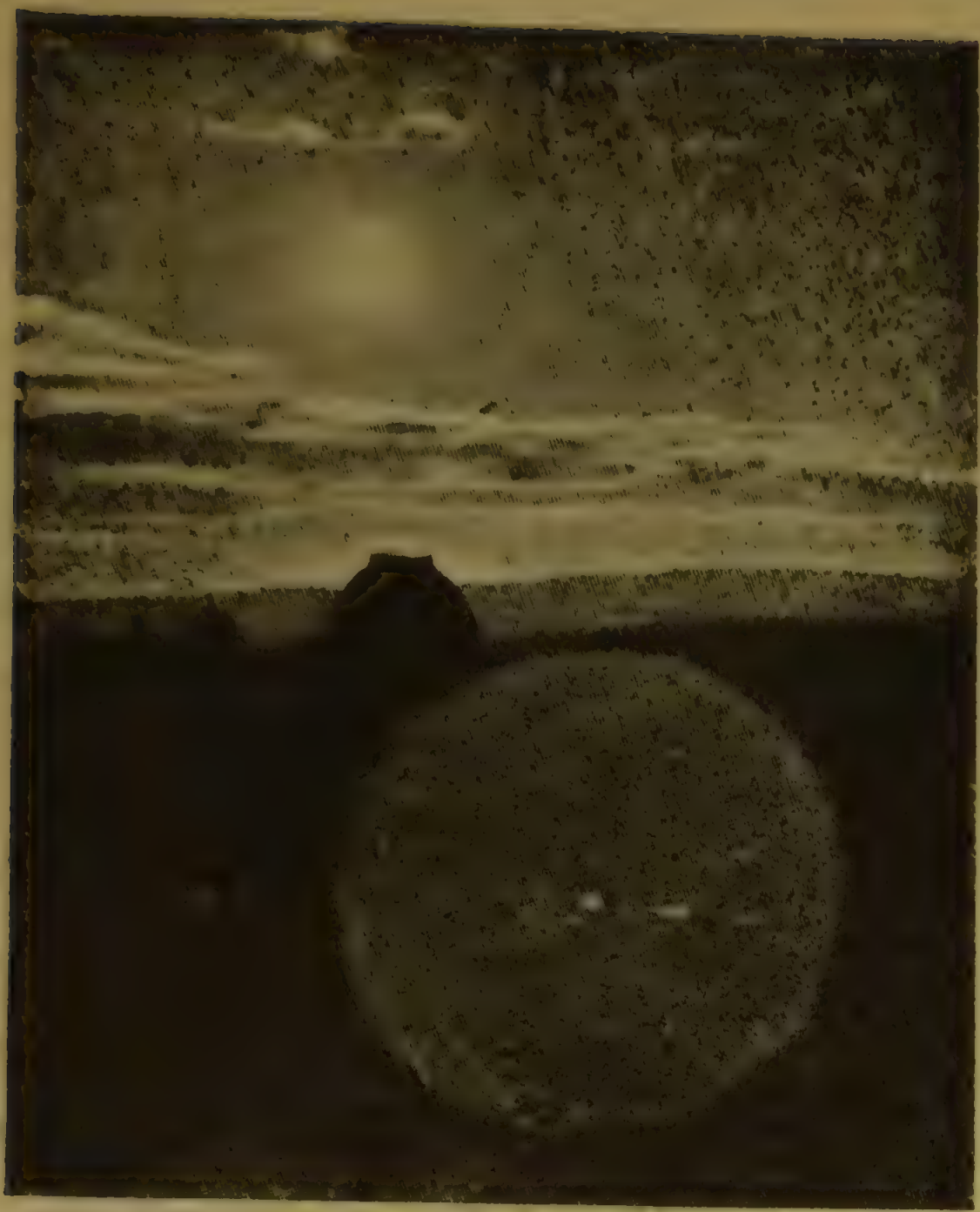
## 6. Valotäplä.

Jos valonsäde (kuv. 49 E) kohdistuu linssiin, menee vain osa siitä (D) suoraan linssin lävitse ja jäännös (R) heijastuu tunnettujen sääntöjen mukaan lasin sisässä. Siten voi sattua, että tämä jäännöskin erilailla mutkiteltuaan joutuu levyyn, synnyttäen tälle vahvuutensa mukaan enemmän tai vähemmän selvän lisäkuvan. Tätä ilmiötä sanotaan **valotäpläksi**. Se on sitä selvempi mitä suuremmat valovastakohdat valokuvattavassa esineessä ovat,



Kuv. 49. Valotäplän synty.





Kuv. 50. Valotäplä etualalla.

ja senvuoksi valotäplä esiintyykin erittäin helposti valokuvattaessa vasten valoa.

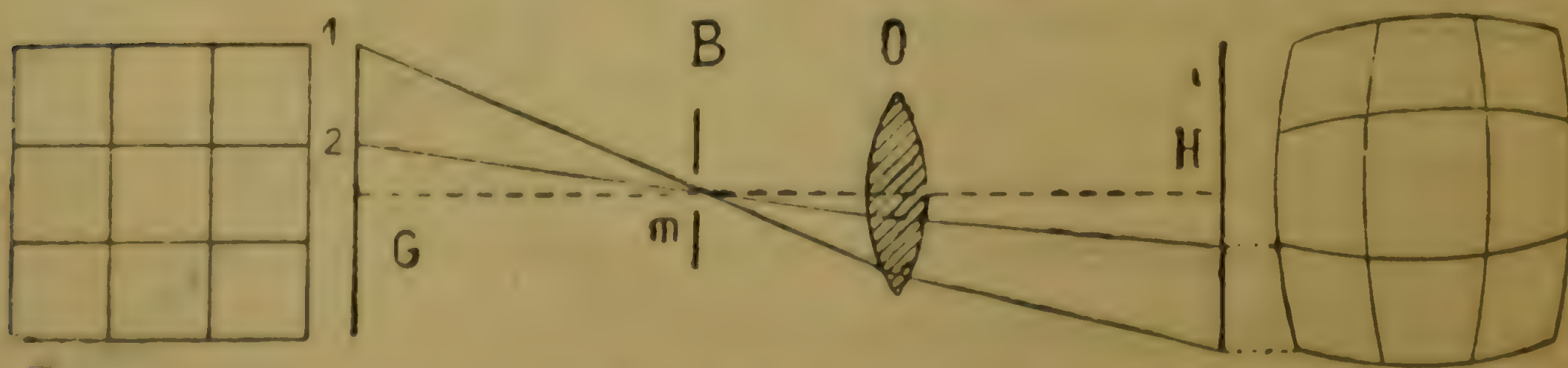
Teoreettisesti ei mikään objektiivin ole valotäplätön, mutta tämä vika on kuitenkin käytännössä merkityksetön, ellei se esiinny häiritsevästi. Hyvissä uuden aikaisissa objektiiveissa ilmenee valotäplä enimmäkseen vain silloin, kun valokuvataan suoraan vasten aurinkoa ja etualalla on tummia kohtia (kts. kuv. 50).

## 7. V ä ä r ä p i i r t e i s y y s.

Jos objektiivin himmentäjä on linssin edessä, kuten esim. maisemaobjektiiveissa, esiintyy valokuvattaessa muuan omituinen vikailmiö, nimittäin että esineen suorat viivat eivät kuvan reunoilla kuvaudu suorina, vaan käyrinä, mikä seikka luonnollisesti vaikuttaa paljon kuvan kauneuteen, etenkin milloin arkkitehtuurikuvat tai muut sellaiset ovat kysymyksessä (kts. kuv. 53).

Etsittäessä syytä tällaiseen ilmiöön, havaitaan seuraavat seikat:

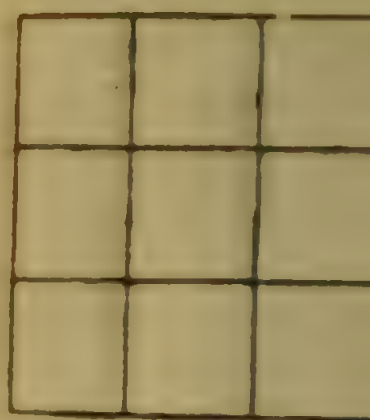
Kuvassa 51 osoittaa O objektiivin, B siihen kuuluvaa



Kuv. 51. Tynnyrimäinen väärpöörteisyys.

himentäjä  
G valoku  
lonsäteitä  
Tällöin k  
vasti tait  
min taitta  
vitse kul  
sesti enem  
että neliön  
tuu edelle

Jos aja  
(kuv. 52),



lähtevä sä  
kauemmaks  
linssin väl  
Tästä suht  
vassa vetä  
n. s. »tyyny

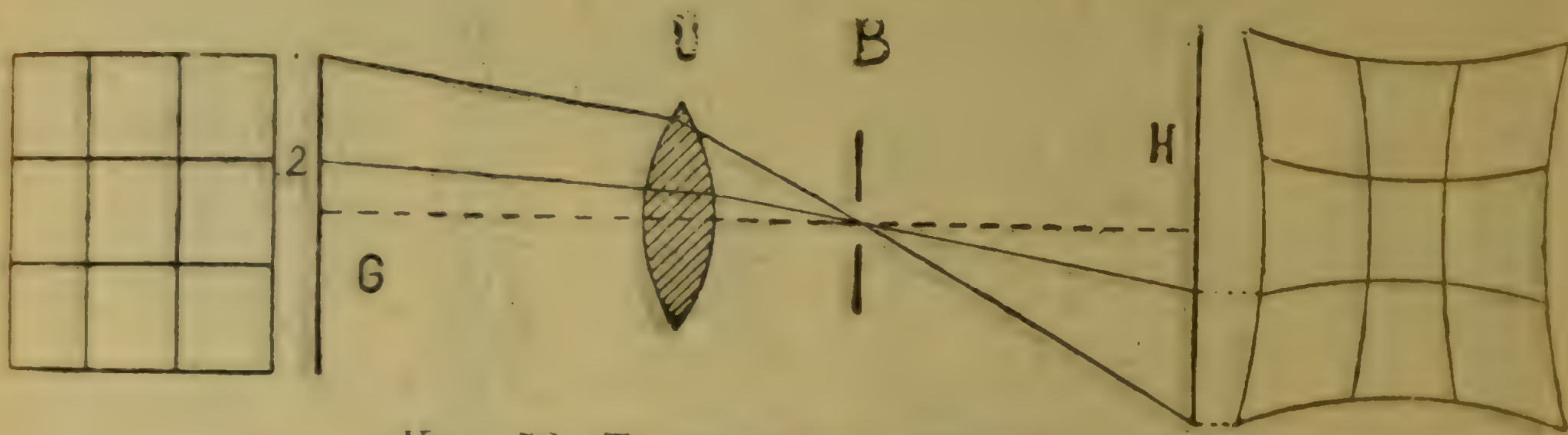
Kuva 5  
teisyystä  
rakennukse  
tyy myös v

Kumma  
linssin edes  
viat vastakl  
valmistama  
mentäjä on



himmentäjää, joka on asetettu hyvin pieniaukkoiseksi, ja  $G$  valokuvattavaa esinettä. Pisteistä  $1$  ja  $2$  menee nyt valonsäteitä himmentäjän keskipisteeseen  $m$  ja siitä linssiin. Tällöin kohdistuu säde  $1m$  objektiivin ulommaiseen, vahvasti taittavaan reunapuoleen, säde  $2m$  taas sen heikommasti taittavaan keskiosaan. Näin ollen säde  $1m$  linssin lävitse kuljettuaan lähenee valo-opillista akselia suhteellisesti enemmän kuin säde  $2m$ . Tästä epäsuhteesta seuraa, että neliön  $H$  kulmat työntyvät keskelle päin, ja siitä johtuu edelleen n. s. »tynnyrimäinen» vääristäisyys.

Jos ajatellaan himmentäjä sijoitetuksi objektiivin taakse (kuv. 52), taittuu linssin reunapuoleen kohdistuva  $1$ :stä



Kuv. 52. Tynnyrimäinen vääristäisyys.

lähtevä säde, linssin ja himmentäjän läpi kuljettuaan, kauemmaksi valo-opillisesta akselistä kuin  $2$ :sta lähtevä ja linssin vähemmän taittavan keskikohdan läpi kulkeva. Tästä suhteettomuudesta johtuu, että neliön kulmat kuvassa vetäytyvät keskustasta poispäin, ja seurauksena on n. s. »tynnyrimäinen» vääristäisyys.

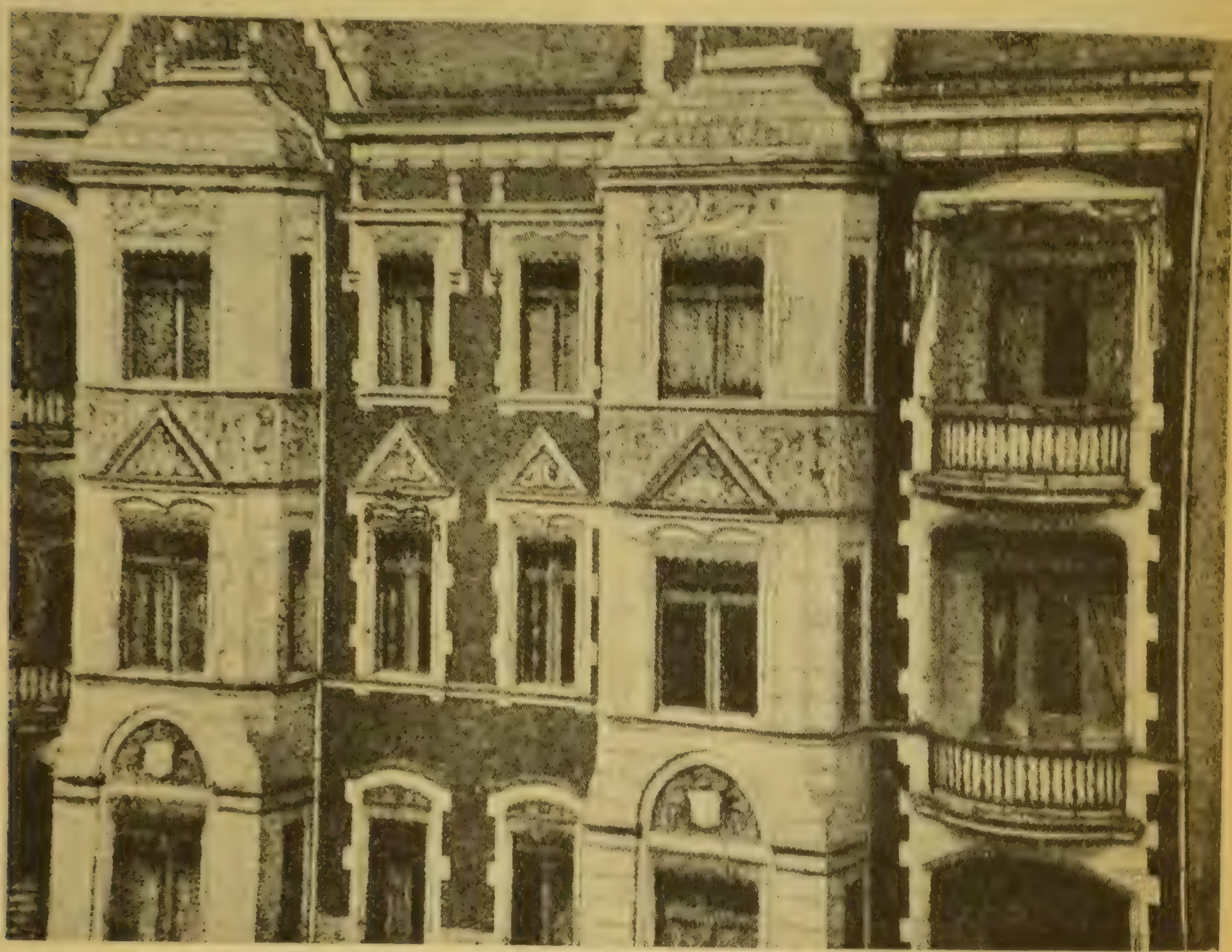
Kuva 53 näyttää esimerkin tynnyrimäisestä vääristäisyydestä, joka on hyvin selvästi huomattavissa etenkin rakennuksen oikeanpuolisella reunalla; luonnollisesti se esiintyy myös vasemmalla, samoin kuin ylhäällä ja alhaallakin.

Kummassakin edellämainitussa tapauksessa (himmentäjä linssin edessä ja himmentäjä linssin takana) ovat esiintyvät viat vastakkaisia. Tätä seikkaa on käytetty vian korjaamiseen valmistamalla n. s. kaksoisobjektiivi, jossa himmentäjä on linssien välissä, vaikuttaen tällöin toiseen objek-



tiivin puoliskoon etu-, toiseen taas takahimmentäjänä ja siten tasoittaen edellä mainitut vastakkaiset vaikutukset.

Vääräpiirteisyys lisääntyy keskeltä reunoja kohti. On muistettava, että vääräpiirteisyyttä ei voida parantaa himmentämällä, kuten kaikkien mui-



Kuv. 53. Tyynymäinen vääräpiirteisyys reunoilla.

den optillisten vikojen aiheuttamia haittoja ainakin jossain määrin.

Useimmat kaksoisobjektiivit ovat käytännöllisesti katsoen vapaat optillisesta vääräpiirteisyydestä; etenkin on näin laita sellaisten, jotka rakenteeltaan ovat tasasuhtaisia. Objektiivieja, joissa vääräpiirteisyyttä ei esiinny, sanotaan ortoskooppisiksi (kreik. *orthos* = oikea, ja *skopein* = katsella).

Vanhoja muotokuvaobjektiiveja haittaa toisinaan varsin tuntuva vääräpiirteisyys. Uudenaikaisissa objektiivieissa taas tämä vika on enimmäkseen riittävästi korjattu.

Optillista vääräpiirteisyyttä ei saa seikoittaa seuraavassa luvussa selitettäviin perspektiivisiin virheellisyyksiin.

## XI. Per

Kun edellisissä ilmiöistä, jotka jään seuraavassa tekemistä kyseen kanssa ja jotka si huonoimpiakin ol käytetään väärin.

### 1. Koneen

Jos kuvaa otet päin, havaitaan että edellisessä tap vassa, varsinkin ro kimmäisessä tapa vikailmiö ei ole s nimenomaan huonautettakoon — vaan johtuu yksin omaan siitä, että kone ei ole vaaka suorassa asennossa. Vika voidaan välttää asettamalla tä hyslasi valokuvatavan esineen suuntaiseksi. Täten tulvat tosin kuvat glä ja alareun



## XI. Perspektiiviset virheellisyydet.

Kun edellisissä luvuissa on puhuttu sellaisista vikailmiöistä, jotka johtuvat objektiivin rakenteesta, käsitellään seuraavassa niitä virheellisyyksiä, joilla ei ole mitään tekemistä kyseenalaisen valokuvausobjektiivin rakenteen kanssa ja jotka siis voivat esiintyä niinhyvin parhaita kuin huonoimpiakin objektiiveja käytettäessä, jos nimittäin niitä käytetään väärin.

### 1. Koneen kallistamisesta johtuvat vikailmiöt.

Jos kuvaa otettaessa konetta kallistetaan ylös- tai alaspäin, havaitaan esim. jotakin rakennusta valokuvattaessa, että edellisessä tapauksessa (kuv. 54) kohtisuorat viivat kuvassa, varsinkin reunoilla, lähenevät toisiaan ylöspäin, jälkimmäisessä tapauksessa (kuv. 55) taas alaspäin. Tämä vikailmiö ei ole suinkaan objektiivin aiheuttama — josta nimenomaan huomautettakoon — vaan johtuu yksinomaan siitä, että kone ei ole vaakasuorassa asennossa. Vika voidaan välttää asettamalla tähtylasi valokuvattavan esineen suuntaiseksi. Täten tulevat tosin kuvan ylä- ja alareuna



Kuv. 54. Viistoviivainen kuva konetta ylöspäin kallistettaessa.





Kuv. 55. Viistoviivainen kuva konetta alaspäin kallistettaessa.

epäselviksi, mutta se ikävä ilmiö voidaan korjata vahvasti himmentämällä. Viistoviivaiset kuvat voidaan myös jälkeenpäin parantaa käyttämällä sopivaa jäljennysmenettelyä, joka kuitenkin on jotenkin monimutkainen tehtävä.

## 2. Liian lyhyestä välimatkasta johtuvat vika ilmiöt.

Koko joukko perspektiivisiä virheellisyyksiä johtuu liian lyhyestä välimatkasta valokuvaa otettaessa, ja esiintyvät ne etenkin muotokuvavalokuvauksessa. Tässä muutamia esimerkkejä:

a) Rintakuvassa tulee nenä suhteettoman suureksi korviin verrattuna (kuv. 56).

b) Istuvan henkilön kädet ja polvet tulevat liian suuriksi. Syy on sama kuin a) kohdassakin: liian lyhyt välimatka, eikä siis objektiivivika.

c) Ryhmäkuvassa eturivin henkilöt tulevat liian suuriksi taaempana oleviin henkilöihin verrattuna (kuv. 57). Syy: liian lyhyt välimatka. Missään tapauksessa syy ei ole objektiivin.

Edellä esitetyistä esimerkeistä nähdään, että mainitut perspektiiviset virheellisyydet aiheutuvat siitä, että kone on valokuvattaessa ollut liian lähellä esinettä. Niiden vält-



tämiseksi on rinta-kuva otettava vähintään  $1\frac{1}{2}$  metrin, puoli- ja kokovartalokuva vähintään 3 metrin etäisyydeltä, tai mieluummin vieläkin etäämpää. Jotta kuitenkin saataisiin vielä halutun suuruisen kuva, on käytettävä riittävän pitkäpolttovalista objektiivia (kts. sääntöjä siv. 38), tai suurennettava kuva jälkeinpäin.

Kun lyhytpolttovalista (laajakulma-, käsikamera- y. m.) objektiivia käytettäessä helposti joutuu kiusaukseen mennä liian lähelle esinettä, jotta tulisi riittävän suuri kuva, saadaan juuri näillä objektiiveilla varsin usein perspektiivisesti vääräpiirteisiä kuvia.



Kuv. 56. Liian lyhyen välimatkan aiheuttama perspektiivivirhe.



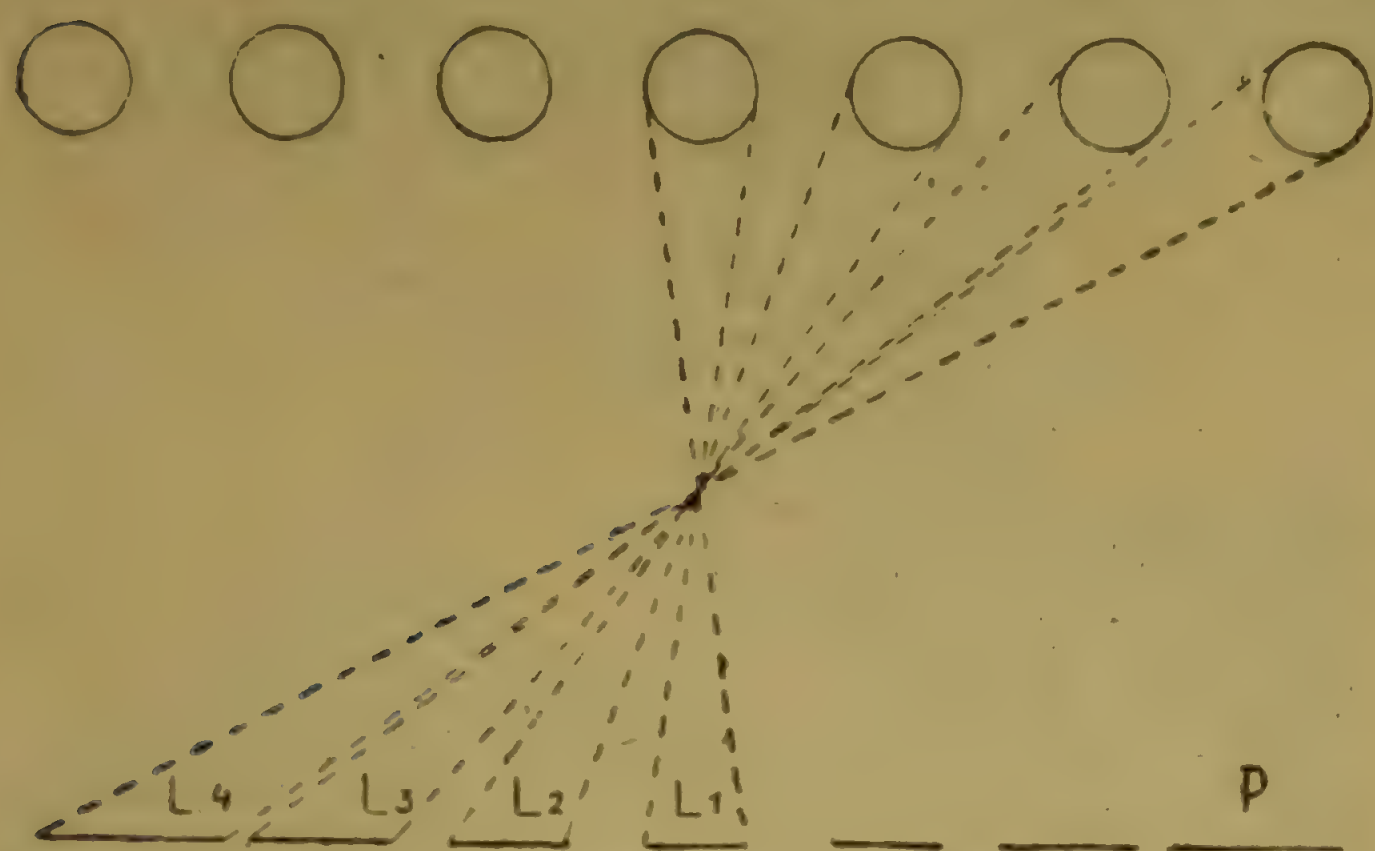
Kuv. 57. Liian lyhyen välimatkan aiheuttamat epäedulliset suuruussuhteet.



### 3. liian suuren kuvakulman käyttämisestä johtuvat vikailmiöt.

(N. s. reunaleveneminen).

Jos valokuvataan rivi vierekkäin olevia, samankokoisia palloja, nähdään että nämä kuvautuvat sitä leveämpinä mitä lähempänä reunaa ne ovat, näyttäen siis kuvassa soikeilta. Tämä omituinen ilmiö (kuv. 58) joh-



Kuv. 58. Reunaleveneminen.

tuu siitä, että levyn (P) tekemä leikkaus niissä valokeiloissa ( $L_1$  ja  $L_2$ ), jotka tulevat valo-opillisen akselin lähellä olevista keskimmäisistä palloista, on pienempi kuin reunapalloista tulevissa valokeiloissa. Il-

miö on sitä tuntuvampi mitä suurempaa kuvakulmaa käytetään. Aina 40 asteeseen saakka se on vain vähäinen, 50 asteisessä kuvakulmassa jo huomattava ja 60 asteisessä se vaikuttaa häiritsevästi. Tästä näkyy, että on aina, mikäli mahdollista, käytettävä pientä kuvakulmaa, s. o. että määrättyä levykokoa varten on valittava mahdollisimman pitkä polttovälinen objektiivi. Jotta ei tarvitsisi käyttää enempää kuin  $45^\circ$  levyn pitemmän sivun suuntaan, tulisi polttovälin olla ainakin levyn halkaisijan pituinen. Muutamien tavallisimpien levykokojen halkaisijamitat on jo esitetty taulukossa sivulla 38.

Jos valitaan levyn pitemmän sivun mittainen polttoväli, esim.  $18 \times 24 = 24$  sm, on viimeksimainittuun (pitemmän sivun) suuntaan noin  $55^\circ$  kuvakulma tarpeen. Jos taas valitaan lyhemmän levysivun pituinen polttoväli,

esim. 18  
taan noi

Reun  
pallonm  
vattaessa  
otettaessa  
suhteetto  
jonka po  
niin olle  
kulma  
suuri (kts  
Tässäkää  
sessa ei  
ole obje  
vaan sen  
lisessä k  
sessä.

Laajal  
via otetta  
loin tilan  
vuoksi o  
käyttää s  
vakulmaa  
tyytyä tä  
perspekti  
dettävä k

Jokais  
sej ä, j  
ment ä  
mielen m  
valoa en



esim.  $18 \times 24 = 18$  sm, tarvitaan pitemmän sivun suuntaan noin  $65^\circ$  kuvakulma.

Reunaleveneminen ei tietenkään esiinny ainoastaan pallonmuotoisia, vaan kaikkia muitakin esineitä valokuvattaessa. Siten on esim. selitettävissä, että ryhmäkuvia otettaessa reunoilla olevien henkilöiden päät kuvautuvat suhteettoman leveinä silloin, kun käytetään objektiivia, jonka polttoväli on liian lyhyt levykokoon verrattuna, ja niin ollen kuvakulma on liian suuri (kts. kuv. 59). Tässäkään tapauksessa ei siis vika ole objektiivissa, vaan sen virheellisessä käyttämisessä.

Laajakulmakuvia otettaessa, jolloin tilanahtauden vuoksi on pakko käyttää suurta kuvakulmaa, täytyy

tyytyä tästä johtuvaan reunalevenemiseen. Tällöin esiintyviä perspektiivisiä virheellisyyksiä ei niin ollen myöskään ole pidettävä kyseenalaisen objektiivin vikana.



↑  
Levyn keskikohta.

↑  
Levyn oik. reuna.

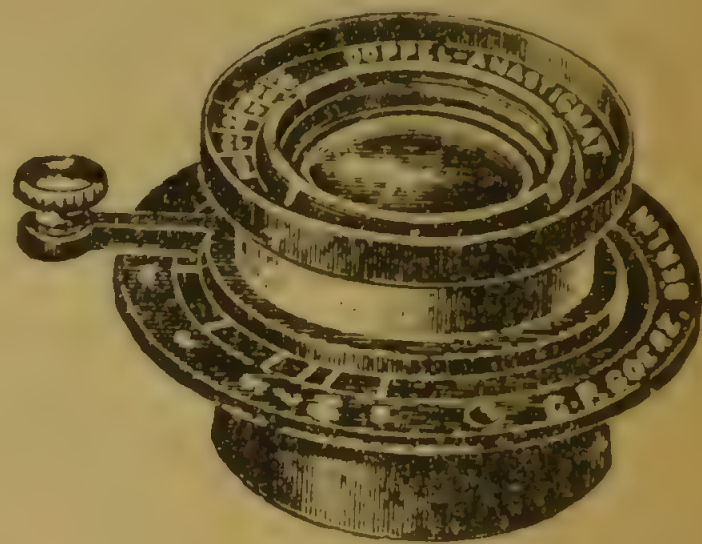
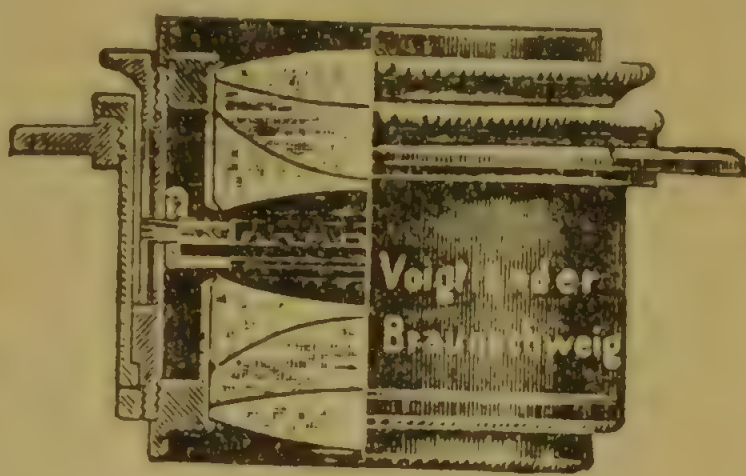
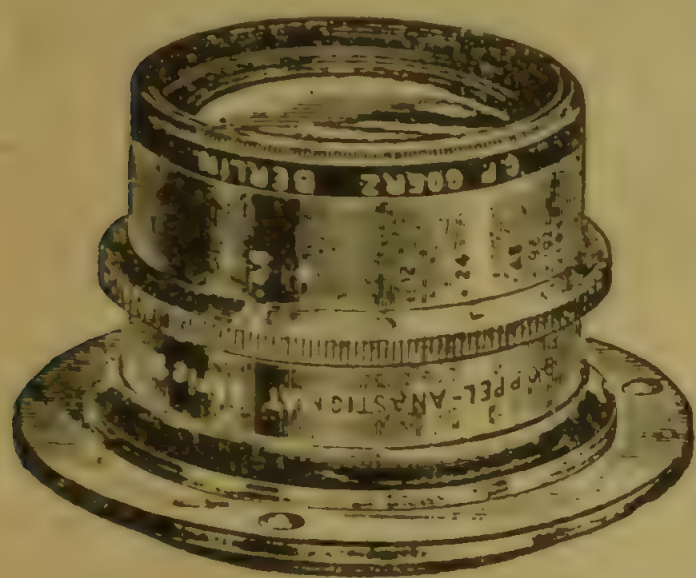
Kuv. 59.  $13 \times 18$  levyn oikea puolikas. Liian suuren kuvakulman aiheuttama reunaleveneminen. Yläkuva oikeasuhteinen.

## XII. Objektiivista yleensä.

Jokaisessa objektiivissa on yksi tai useampia linsejä, joita ympäröi kehys. Tässä on laite — himmentäjä —, jonka avulla objektiivin aukkoa voidaan mielen mukaan muuttaa niin, että siitä pääsee kulkemaan valoa enemmän tai vähemmän.



On olemassa sekä normaali- että erikoiskehyksiä. Viimemainittuihin kuuluu esim. kierukkakehys (kuv. 62). Normaalikehystä (kuv. 60) käytetään vain sellaisissa kameroissa, joissa on palkeen avulla muutettava aukiveto (matka- ja valokuvaamokoneissa). Sellaisissa paljekameroissa kuin tukipalkeiset läppäkamerat, joiden aukiveto ei ole siirrettävä, on kierukkakehys; muissa läppäkameroissa käytetään n. s. upotettuja (kuv. 61) ja muunlaisiakin, tavallisesti sulkijan yhteyteen sijoitettuja erikoiskehyksiä.



Kuv. 60. Normaalikehys.

Kuv. 61. Upotettu kehys.

Kuv. 62. Kierukkakehys.

Jos linssit sijaitsevat vain toisella puolella himmentäjää, (kuv. 68 ja 69) sanotaan objektiivia yksinkertaiseksi<sup>1)</sup>, mutta jos ne ovat sijoitetut himmentäjän kummallekin puolelle (kuv. 70—84), silloin objektiivi on kaksoisobjektiivi. Kun linssit ovat järjestetyt kolmeen ryhmään (kuv. 82) käytetään objektiivista toisinaan nimitystä »tripletti» (kolmilinssinen).

Jos objektiivin puolikkaat ovat aivan samanlaiset (kuv. 74 ja 77) sanotaan objektiivia tasan suhtaiseksi; jos sen puolikkaat ovat rakenteeltaan samanlaiset, mutta eri suuret, (kuv. 78) sanotaan objektiivia puolisuhtaiseksi;

<sup>1)</sup> Nimityksiä »yksinkertainen objektiivi» ja »yksinkertainen linssi» ei saa sekoittaa toisiinsa. Silmälasiojektiivi on yksinkertainen objektiivi, jossa on yksinkertainen linssi, akromaattinen maisemaobjektiivi on myös yksinkertainen objektiivi, mutta sen linssi ei ole yksinkertainen, vaan yhdistetty.

mutta  
puolika  
taan  
on ob  
suh  
75—76

Tas  
jektiiv  
siinä  
niiden  
daan k  
kin ma  
nen (k  
kuin k  
kolme  
samoin  
toväli

Hi  
syvätar  
tusajan  
vaikutu  
matta  
noin po



Kuv. 64.



mutta jos kumpikin puolikas on rakenteeltaan aivan erilainen, on objektiiviepäsuhtainen (kuv. 75—76).

Tasasuhtaiset objektiivit ovat edullisia siinä suhteessa, että niiden puolikkaita voidaan käyttää erikseen-



Kuv. 63. Tasasuhtaisella objektiivilla otettu kuva.

kin maisemaobjektiiveina, jolloin polttoväli on kaksinkertainen (kts. kuv. 63 ja 64) ja valovoima neljä kertaa pienempi kuin koko objektiivin. Puolisuhteisissa objektiiveissa on kolme polttoväliä käytettävänä, nimittäin etummaisesta ja samoin takimmaisesta puolikkaan sekä koko objektiivin polttoväli (kts. objektiivikerrastot).

Himmentäjä on tarkoituksenaan kuvan reuna- ja syvätarkkuuden parantaminen. Tämä tapahtuu tosin valotusajan kustannuksella. Kaikkien linssivikojen vahingollista vaikutusta voidaan himmentämällä vähentää, lukuunottamatta optillista vääripiirteisyyttä, jota ei käy tällä keinoin poistaminen (kts. siv. 64).



Kuv. 64. Tasasuhtaisen objektiivin takalinssillä samalta paikalta otettu kuva.

Himmentäjiä on: pisto-, kierto- ja iiris-himmentäjiä.

Pistohimmentäjä (kuv. 65) on pitkulainen, musta, pyöreäreikäinen messinkilevy, joka pistetään objektiivin kehäyksessä olevaan rakkoon, niin sanottuun himmentäjä-rakkoon.





Kuv. 65. Pistohimmentäjiä.

Joukko erisuuruisilla reijillä varustettuja pistohimmentäjiä muodostaa himmentäjäkerraston. Suurinta himmentäjää, jonka pääasiallinen tarkoitus on estää to-  
mun tunkeutuminen himmentäjäraosta objektiivin

sisään, sanotaan tomuhimmentäjäksi.

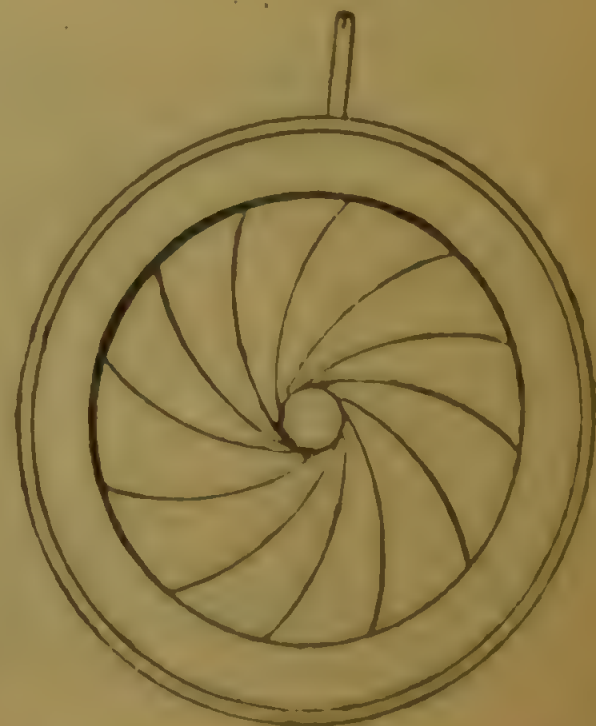
Kiertohimmentäjä (kuv. 66) on metallilevy, jossa on useita erisuuruisia pyöreitä reikiä. Levy on epäkeskeisesti kiinnitetty objektiivin kehykseen; sitä voidaan kiertää keskipisteensä (kiinnityskohtansa) ympäri niin, että aukot tulevat vuoronperään linssin keskikohdalle. Kiertohimmentäjällä on se etunsa, ettei se voi mennä hukkaan, koska se on kiinni objektiivikehyksessä. Rakenteensa vuoksi se sopii kuitenkin etupäässä vain pienikokoisiin objektiiveihin, jonka vuoksi tätä himmentäjäalajia käytetäänkin enimmäkseen ainoastaan laajakulmaobjektiiveissa.

Iirishimmentäjä (kuv. 67) on kokoonpantu monesta ohuesta teräs- tai eboniittilevystä. Se on edullinen siinä suhteessa, että himmentäjäaukko voidaan pienimmästä suurimpaan saada minkä kokoiseksi tahansa; sitäpaitsi se on objektiivissa kiinni eikä siis voi mennä hukkaan, minkä ohessa siinä oleva n. s. himmentäjärengas täydelleen estää to-  
mun pääsyn objektiivin sisään.

Auringonhimmentäjällä tarkoitetaan objektiivikehyksen etummaista reunaa, johon objektiivin kansi tai pikasulkija (irtonainen) sijoitetaan.



Kuv. 66. Kiertohimmentäjä.



Kuv. 67. Iirishimmentäjä.

Kute  
vallisest  
aukko  
edellinen  
taa niin

Kun  
ra'alla»<sup>1)</sup>  
sessa vai  
objektiiv  
Tällaisess  
edellisissä  
set viat,  
epäselväm  
himmenn  
tietenkin  
Ei siis o  
kokeilijat  
toivoivat  
laisen val  
kehoituk  
Chevalier  
joittava  
(kts. kuv  
tehty ka  
sen vuok  
vain opti

<sup>1)</sup> - p

<sup>2)</sup> Täm  
nykyaikan  
kuutensa  
aikaansa

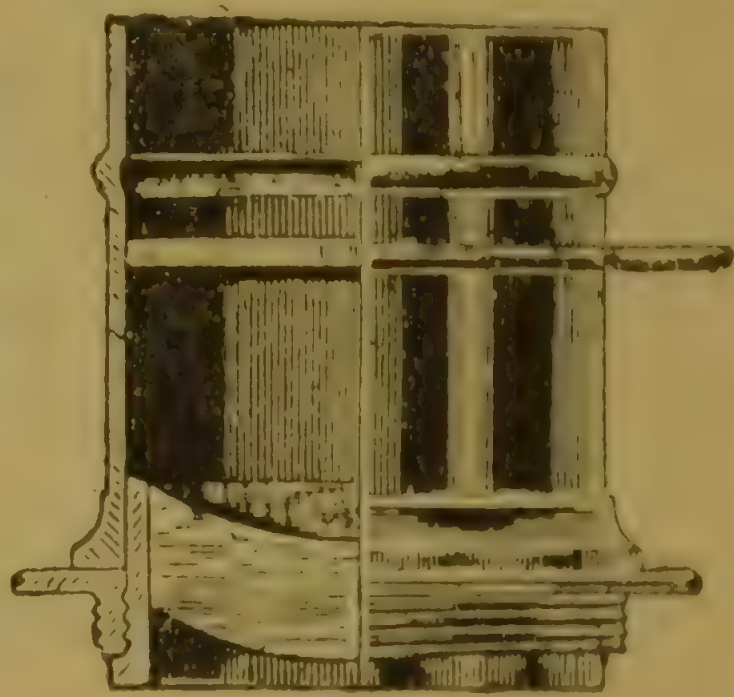


Kuten edellä jo on mainittu, ovat himmentäjäaukot tavallisesti järjestetyt siten, että kukin seuraava pienempi aukko vaatii kaksi kertaa niin pitkän valotusajan kuin edellinen. Viimemainitun halkaisija on sen vuoksi 1,4 kertaa niin suuri kuin sitä seuraavan pienemmän.

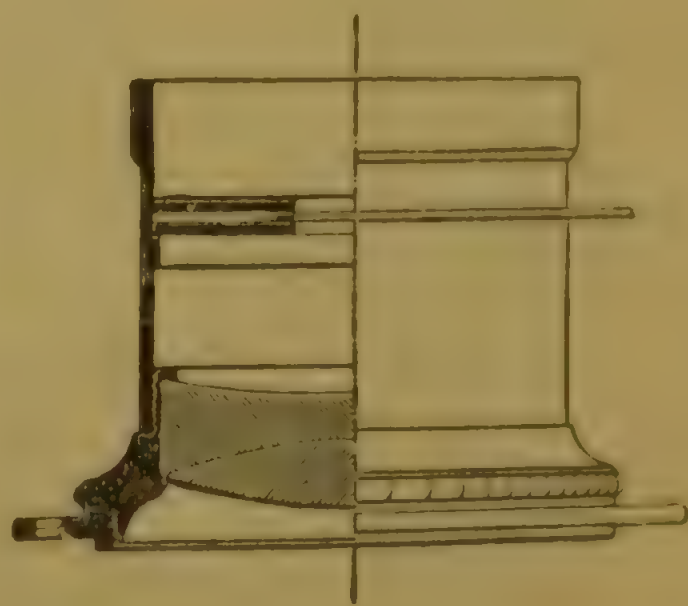
$$\approx \sqrt{2} = 1,4142\dots$$

### XIII. Eri objektiivimuodot.

Kun ensimmäiset valokuvausyritykset »Camera obscura'alla»<sup>1)</sup> tehtiin, käytettiin siinä parhaimmassakin tapauksessa vain n. s. yksinkertaista koverankuperaa linssiä, minkä objektiivimuodon Wollaston esitti v. 1812 (kts. kuv. 68). Tällaisessa objektiivissa on kaikki edellisissä luvuissa mainitut optilliset viat, ja se tekee senvuoksi hyvin epäselvän kuvan, vieläpä runsaasti himmennettäessäkin, josta sitäpaitsi tietenkin valovoima suuresti kärsii. Ei siis ole ihme, että myöhemmät kokeilijat valokuvaustaidon alalla toivoivat parempaa objektiivia<sup>2)</sup>. Sellaisen valmistikin v. 1837 Daguerre'n kehoituksesta ranskalainen optikko Chevalier. Siinä oli kokoava ja hajottava linssi toisiinsa kitattuna (kts. kuv. 69). Tämä objektiivi oli tehty kaukoputkilinssin tapaan ja sen vuoksi alkujaan akromatisoitu vain optillisia säteitä silmällä pitäen.



Kuv. 68. Yksinkertainen linssi (silmälasiobjektiivi).



Kuv. 69. Maisemaobjektiivi.

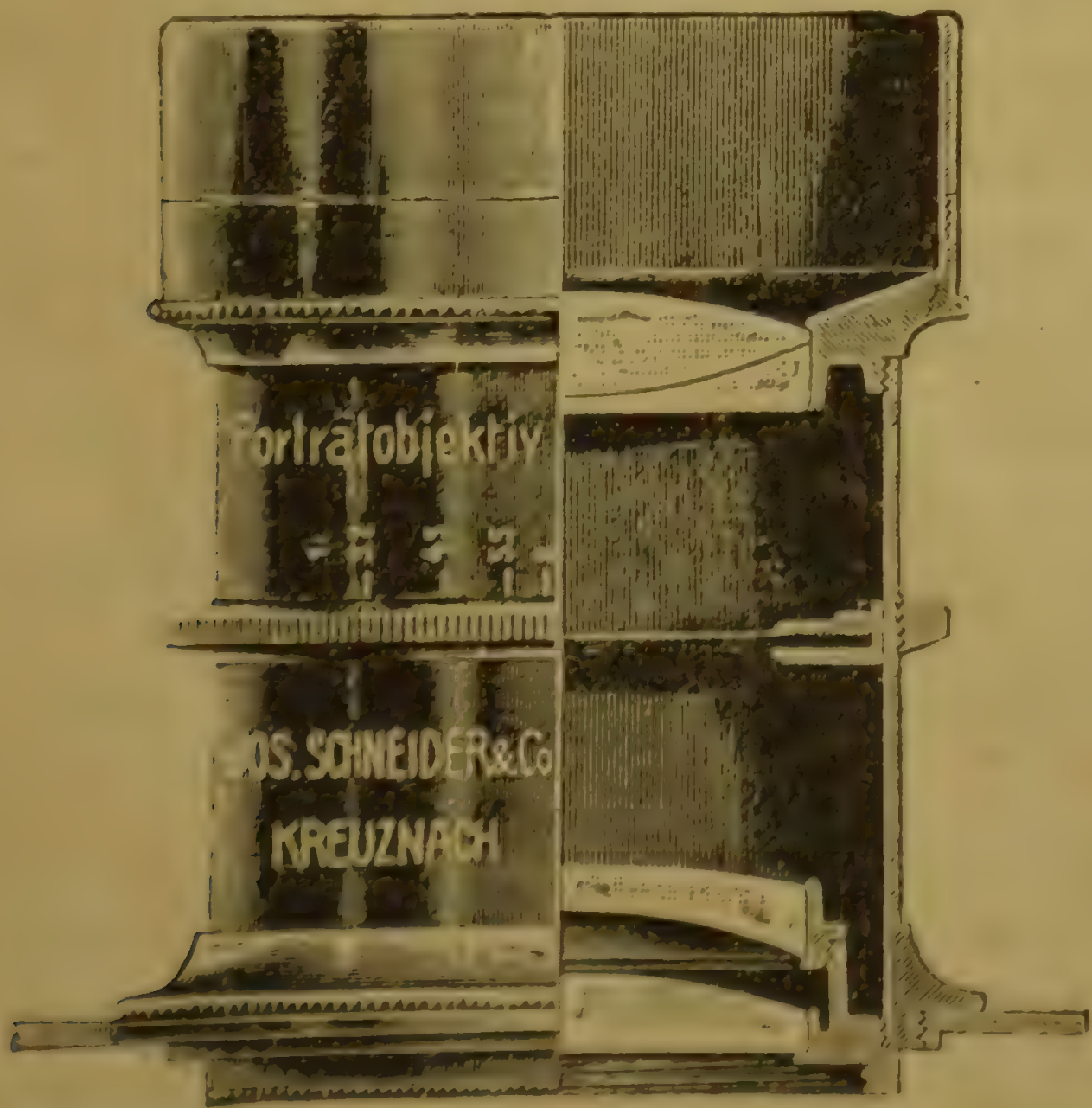
<sup>1)</sup> = pimeä kamari = valokuvauskamera.

<sup>2)</sup> Tämä vanha linssi on kuitenkin tullut uudelleen käytäntöön nykyaikana silmälasiobjektiivin nimellä. Juuri epätarkkuutensa takia sitä nimittäin käytetään taiteellisesti pehmeiden kuvien aikaansaamiseksi.



Sittemmin se akromatisoitiin valokuvausta varten, jolloin siitä tuli n. s. akromaattinen maisemaobjektiivin. Käytännössä tämä objektiivin oli monessa suhteessa epätydyttävä, sillä toisaalta se oli liian valoheikko henkilökuviin ottamiseen kohtuullista valotusaikaa käyttäen, toisaalta taas se usein osoittautui sopimattomaksi elottomien esineiden kuvaamiseen, koska sitä yksinkertaisena objektiivina (linsit vain toisella puolen himmentäjää) haittasi tynnyrimäinen vääräpiirteisyys. Valovahvan, muotokuva-tarkoituksiin sopivan objektiivin aikaansaamiseksi järjesti Ranskan Société d'encouragement (edistämisseura), heti kun Daguerre'n keksintö oli julkaistu, palkintokilpailun, johon myös wieniläinen matemaatikko Petzval otti osaa. Tämä laati vuonna 1840 aivan uuden, sittemmin yleisesti hänen mukaansa nimitetyn objektiivimuodon — Petzval-objektiivin — jonka valovoima oli aivan hämmästyttävä; sen suhteellinen aukko oli nimittäin noin  $F:4$ , kun Daguerre'n objektiivin oli vain noin  $F:15$ .

Petzval-objektiivin on epäsuhtainen kaksoisobjektiivin (kuv. 70). Kummassakin puolikkaassa on kokoava linssi ja hajottava linssi. Etuosa on kitattu, mutta takaosa kit-



Kuv. 70. Petzval-muotokuvaobjektiivin.

taamaton. Aikojen kuluessa objektiivin luonnollisesti vielä paranneltiin, ja siten tekivät Voigtländer, Dallmeyer, Hermagis y. m. uusia muodostelmia. Suuren valovoimansa takia tämä objektiivimuoto on säilynyt aina näihin asti, vaikkakin sillä on huomattavia varjopuolia. Etenkin kuvakulma on sangen pieni, vain noin

30°, ja reunat varsinkin ylä- ja alareunassa. Säännöllisessä Pitkän rakenteen saa huomata, jossa Petzval-objektiivin kuvassa (on tulee jotenkin käyttää jota

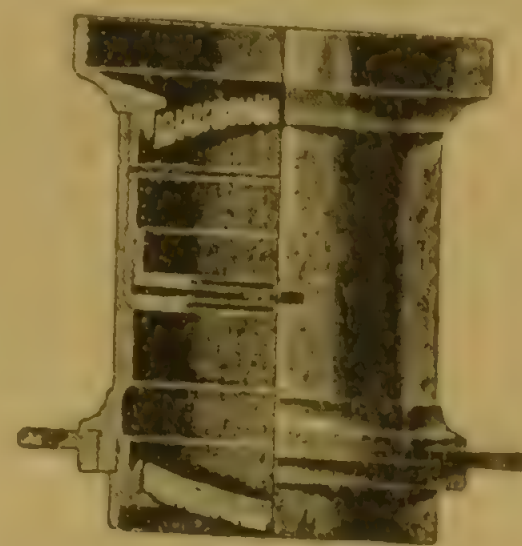
Petzval-objektiivin askel, ettei tällä alustalla kolloidumilla samalla saisi useammin aivan tahdottiin paremmin. Etenkin vääristyksen oikeapiirteisyyttä saavuttaa

Aivan e... optikko Steinheilin nimisen objektiivin kaksoisobjektiivin kulma noin 30° tainen korjataan polttovälillä, että kamerassa ottamisessa myöhemmin tuli kauppatun muoto



30°, ja reunatarkkuudessa on myös paljon toivomisen varaa, varsinkin kun objektiivia ei ole anastigmaattisesti korjattu. Säännöllisesti haittaa tätä objektiivia myös vääräpiirteisyys. Pitkän rakenteensa vuoksi se on hankalakäyttöinen ja aikaansa huomattavan varjostuksen kuvaan. Rintakuvien ottamiseen, jossa vain kuvan keskus tulee kysymykseen, riittää Petzval-objektiivi kyllä, mutta milloin on myös kysymyksessä kuvan reuna, kuten on laita puoli- ja kokovartalokuvissa (on huomattava, että kokovartalokuvissa pää aina tulee jotenkin lähelle reunaa), silloin on paljon parempi käyttää jotakin uudenaikaista muotokuvaobjektiivia.

Petzval-objektiivin keksiminen oli niin ääretön edistysaskel, ettei moniin vuosiin ajateltukaan mitään parannuksia tällä alalla. Mutta kun sitten Englannissa keksittiin kollodiumimenettely ja amatöörivalokuvaus samalla sai alkunsa sekä muutenkin entistä useammin alettiin ottaa yleislaatuksia kuvia, tahdottiin myös saada objektiiveja, jotka paremmin soveltuisivat näihin tehtäviin. Etenkin vaadittiin suurta kuvakulmaa ja oikeapiirteisyyttä, ja optikot alkoivat yrittää saavuttaakseen tämän päämäärän.



Kuv. 71. Periskooppi.

Aivan erinomaisesti onnistuikin tässä müncheniläinen optikko Steinheil, sommittelemalla v. 1865 Periskooppi-nimisen objektiivinsa (kuv. 71). Tämä on tasasuhtainen kaksoisobjektiivi, jonka valovoima on vain  $F:15$  ja kuvakulma noin 80°. Kummassakin puolikkaassa on yksinkertainen korjaamaton linssi, minkä vuoksi objektiivia haittaa polttovälierotus, joka käytännössä on korjattava siten, että kameran takaosaa tarkennuksen jälkeen, ennen kuvan ottamista, siirretään objektiivina kohti noin  $\frac{1}{50}$  kysymyksessä olevan polttovälin pituudesta. Monta vuotta myöhemmin, nimittäin v. 1892, tämä objektiivimuoto taas tuli kauppaan Rodenstockin valmistamana, vähän muutetun muotoisena, Bistigmaatti-nimisenä; uudistus oli



sellainen, että tarkennuksen jälkeen ei siirretty tähyslasia, vaan itse objektiivi erikoisen kehyslaitteen avulla.

Vuonna 1866 onnistui Steinheilin korjata periskooppia haittaava väripoikkeaminen siten, että hän valmisti kummankin objektivipuolikkaan yhteenkitatusta kokoavasta ja hajoittavasta linssistä. Tälle objektiivilleen Steinheil antoi nimen *aplanaatti* (kuv. 72). Siitä tuli muuan ensimmäinen levinneitä objektiimuotoja, josta ilmestyi sitten monia muodostelmia, kuten esim. Goerz'in *Lynkeioskop* ja Voigtländerin *Euryoskop* nimellä kauppaan laskemat.

Steinheil valmisti aplanaattinsa alkujaan yleistarkoituksia varten ja oli sen aukkosuhde  $F:9$  (yleis-aplanaatti).



Kuv. 72. Aplanaatti.

Sittemmin onnistuttiin kohottaa valovoima noin  $F:8$ :aan, pienentämättä kuvakulmaa, joka oli noin  $60^\circ$ . Tätä muotoa sanotaan nyt usein *Extra-rapid-aplanaatiksi* (erittäin nopea apl.). Jos aplanaatti tehdään noin  $F:6$  valovoimaiseksi, silloin on kuvakulma noin  $50^\circ$ , ja sellaista

objektiivia sanotaan *muotokuva-aplanaatiksi*. Jos taas päinvastoin kuvakulma kohotetaan non  $90$  asteiseksi alentamalla valovoima noin  $F:15$  saakka, saadaan n. s. *laajakulma-aplanaatti*. Jonkun ajan piti Steinheil kaupassa myöskin n. s. maisema- ja jäljennys-aplanaatteja, kaksi objektiivimuotoa, joiden tarkoitus oli tyydyttää maisema- ja jäljennysvalokuvauksessa esiintyviä toivomuksia. Näiden lajien valmistus kuitenkin sittemmin lakkasi.

Kun aplanaatissa kuva-alan kaarevuus ja astigmatismi eivät ole korjatut, puuttuu siltä riittävä reunatarkkuus, Aluksi koetettiin tätä auttaa siten, että järjestettiin molemmat objektiivipuolikkaat toisiinsa nähden siir-

rettäväksi.  
edistysaskel  
mistamises

Taaskin  
keksimällä  
jektiivissa e  
että ennen,  
tiin erikseen  
tahtoi Stein  
vin, jonka p



Kuv. 73. M

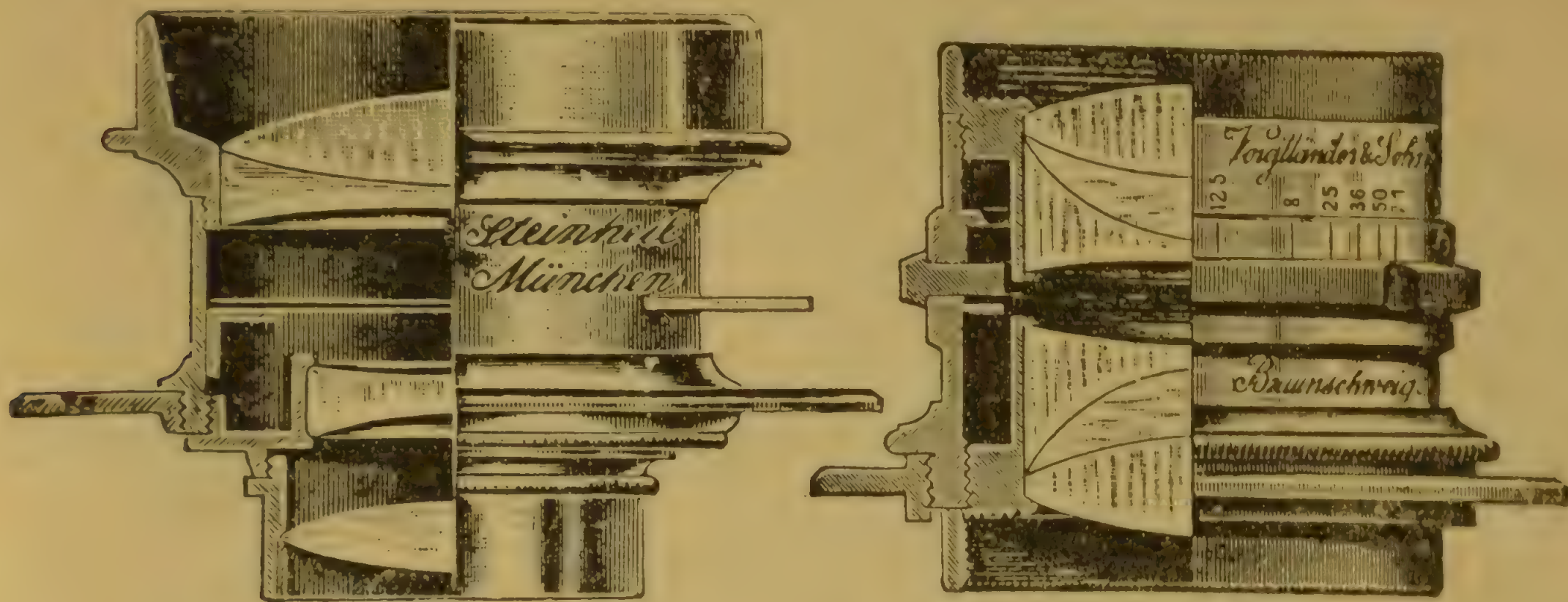
taisesti virh  
kun puolikk  
puolikkaalla  
kutus, joten

Steinheil  
 $F:4$ , kuvak  
planeetti), s  
kulma oli  
kuva-antipla  
erillistä lins  
sitävastoin  
verrattuna  
antiplaneetti  
tetty kokoa



rettäviksi. Tämä oli kuitenkin vain hätäkeino. Todellisen edistysaskeleen saavuttamiseksi valokuvausobjektiivien valmistamisessa oli luotava uusia objektiivimuotoja.

Taaskin kulki Steinheil tienraivaajana muiden edellä, keksimällä *Antiplaneetti*nsä v. 1881. Tässä objektiivissa esiintyy aivan uusi rakenneperiaate. Sen sijaan että ennen, esim. aplanaatissa, kumpikin puolikas korjattiin erikseen, yhdistämällä ne sitten yhdeksi objektiiviksi, tahtoi Steinheil tällä kertaa valmistaa sellaisen objektiivin, jonka puolikkaat olivat saman verran, mutta päinvas-



Kuv. 73. Muotokuva-antiplaneetti.

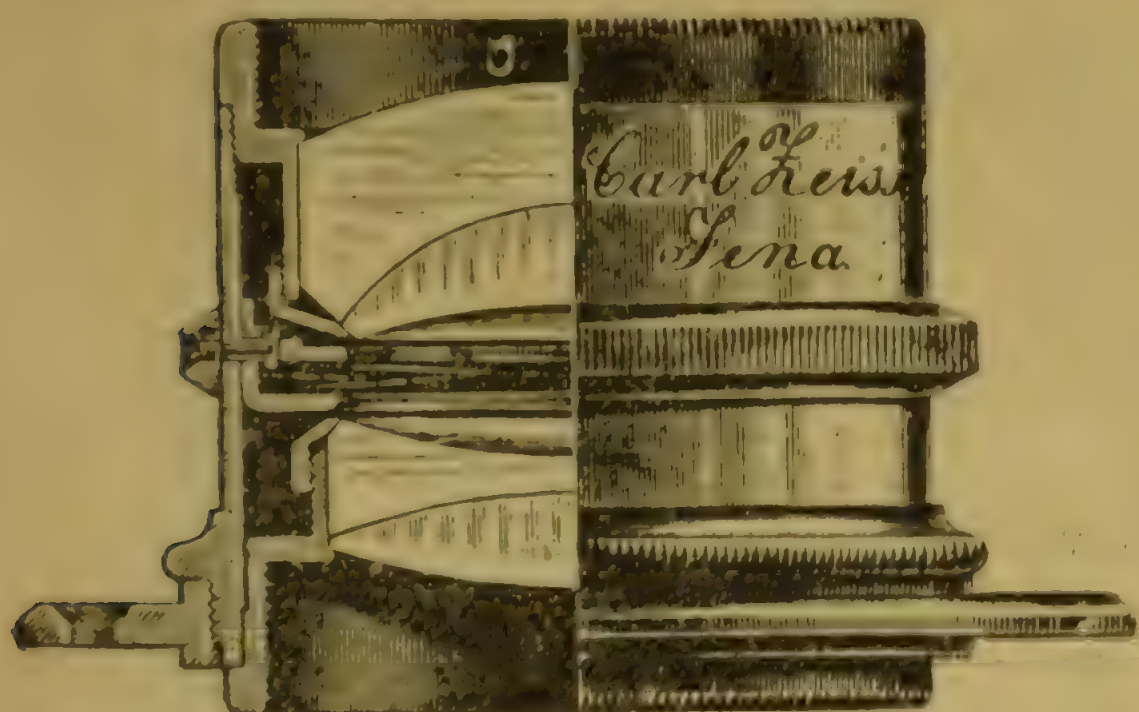
Kuv. 74. Kollinear- ja Orthostigmatmuoto (kitattu, tasasuhtainen).

taisesti virheelliset, jotta vikojen täytyi kumota toisensa, kun puolikkaat liitettiin samaksi objektiiviksi. Etummaisella puolikkaalla oli kokoava ja takimmaisella hajoittava vaikutus, joten viimemainitulla ei voitu saada kuvaa aikaan.

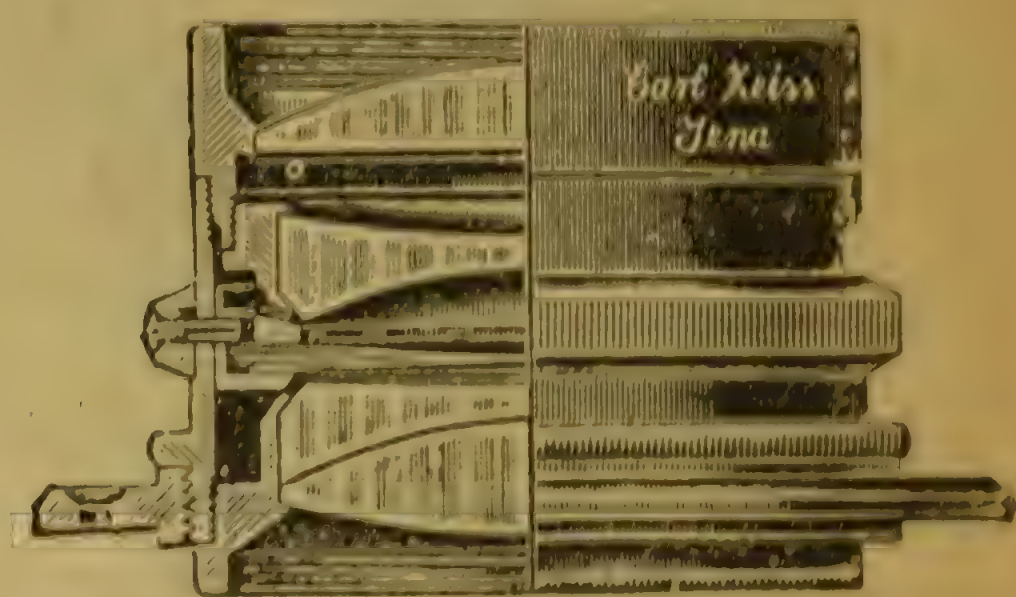
Steinheil valmisti tätä objektiivimuotoa valovoimaltaan  $F:4$ , kuvakulman ollessa noin  $40^\circ$  (n. s. muotokuva-antiplaneetti), samoin kuin  $F:6,5$  valovoimaisena, jolloin kuvakulma oli noin  $60^\circ$  (n. s. ryhmä-antiplaneetti). Muotokuva-antiplaneetin takimmaisessa puolikkaassa oli kaksi erillistä linssiä (kts. kuv. 73), ryhmäkuva-antiplaneetissa ne sitävastoin olivat kitatut; tämä puolikas oli etummaiseen verrattuna sangen paksu. Sekä muotokuva- että ryhmä-antiplaneetin etummainen puolikas oli kittamalla yhdistetty kokoavasta ja hajoittavasta linssistä.



Kuten mainittu oli Steinheilin tarkoitus tällä objektiivimuodolla saada kuva-alan kaarevuus ja astigmatismi poistetuksi. Kun tämä hänelle onnistui vain osittain, johtui se siitä, ettei siihen aikaan vielä oltu keksitty tähän välttämättömiä lasilajeja. Se tapahtui vasta kun Schott oli v. 1888 Jenassa tehnyt keksintönsä lasitekniikan alalla. Näiden uusien, n. s. jenalaisten lasilajien avulla onnistui Zeissin v. 1890 valmistaa ensimmäinen todellinen anastigmaatti, s. o. objektiivin, jossa samalla kertaa astigmatismi ja kuva-alan kaarevuus ovat korjatut (n. s. anastig-



Kuv. 75. Kitattu epäsuhtainen anastigmaatti (Protar).



Kuv. 76. Puolikitattu epäsuhtainen triplet-anastigmaatti (Tessar).

maattinen kuva-alan tasoitus). Tämä objektiivin sai myöhemmin nimen Protar. Se on epäsuhtainen kaksoisobjektiivin (kuv. 75), jonka etummaisessa puolikkaassa on kaksi ja takimmaisessa joko kaksi tai kolme yhteenkitattua linssiä. Sen valovoima on noin  $F:7,2$  ja kuvakulma noin  $70^\circ$ .

Jo 1893 onnistui Goerzin valmistaa ensimmäinen kaksoisanastigmaattinsa. Se on rakenteeltaan tasasuhtainen, ja paitsi objektiivia kokonaisuudessaan on sen kumpikin puolikas myös erikseen anastigmaattinen, hyvin tarkan kuvan synnyttävä objektiivin. Siitä syystä tämä objektiivin, kun sen kuvakulma lisäksi on hyvin suuri, noin  $85^\circ$ , ja valovoima noin  $F:6,8$ , on erinomaisen laajakäyttöinen. Toisaalta sen valovoima riittää nopeisiinkin pikavalotuksiin ja toisaalta taas sillä voidaan ottaa laajakulmakuvia; se on siis tosiasiallisesti yleisobjektiivin. Tä-

män kal-  
kolmest  
myöhem  
ovat sa  
Kollin  
heilin, jäl

Optik  
jektiivien  
luovuttiin  
miin muo



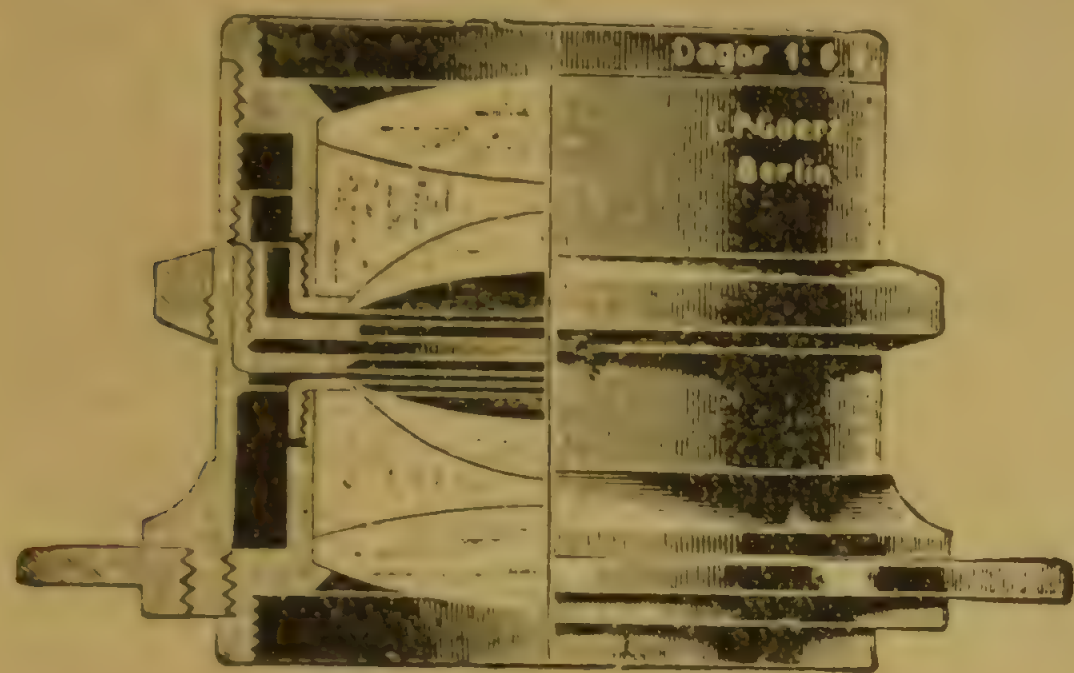
Kuv. 77. T...  
anast

vissa ajat  
kolmesta  
saadaan ol  
tut, erillään  
lks. kuv  
vat Goerz  
nusta on  
ja kuvaku  
vien sijaa  
anastigma  
Tähän  
lökkaan  
Ariston  
nän yhtey  
estelmää

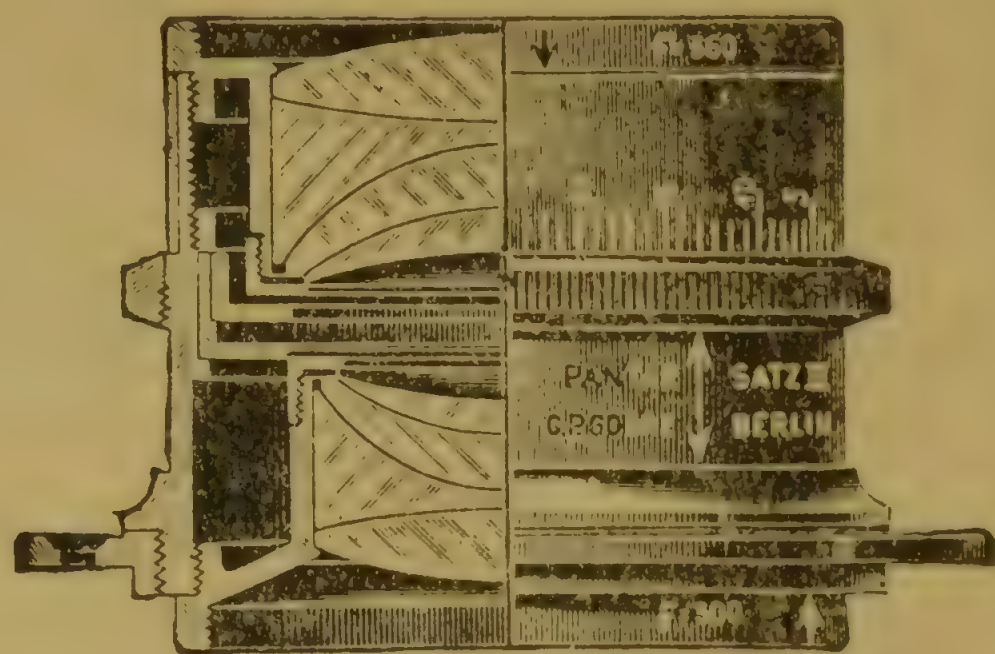


män kaksoisanastigmaatin kumpikin puolikas on kitattu kolmesta linssistä (kuv. 77) — Samankaltaisia kuin tämä, myöhemmin *Dagor*-nimen saanut kaksoisanastigmaatti, ovat samaan ryhmään kuuluvat *Orthostigmat* ja *Kollinear* nimiset objektiivit, joista edellinen on Steinheilin, jälkimmäinen Voigtländerin valmistama (kts. kuv. 74).

Optikkojen tätä seuraavat pyrkimykset tarkoittivat objektiivien valovoiman kohottamista. Tässä tarkoituksessa luovuttiin kitatuista rakenteista ja käännettiin kittaamattomiin muotoihin. Jos esim. Kollinearin mallisessa objektiivi-



Kuv. 77. Tasasuhtainen kitattu anastigmaatti (Dagor).

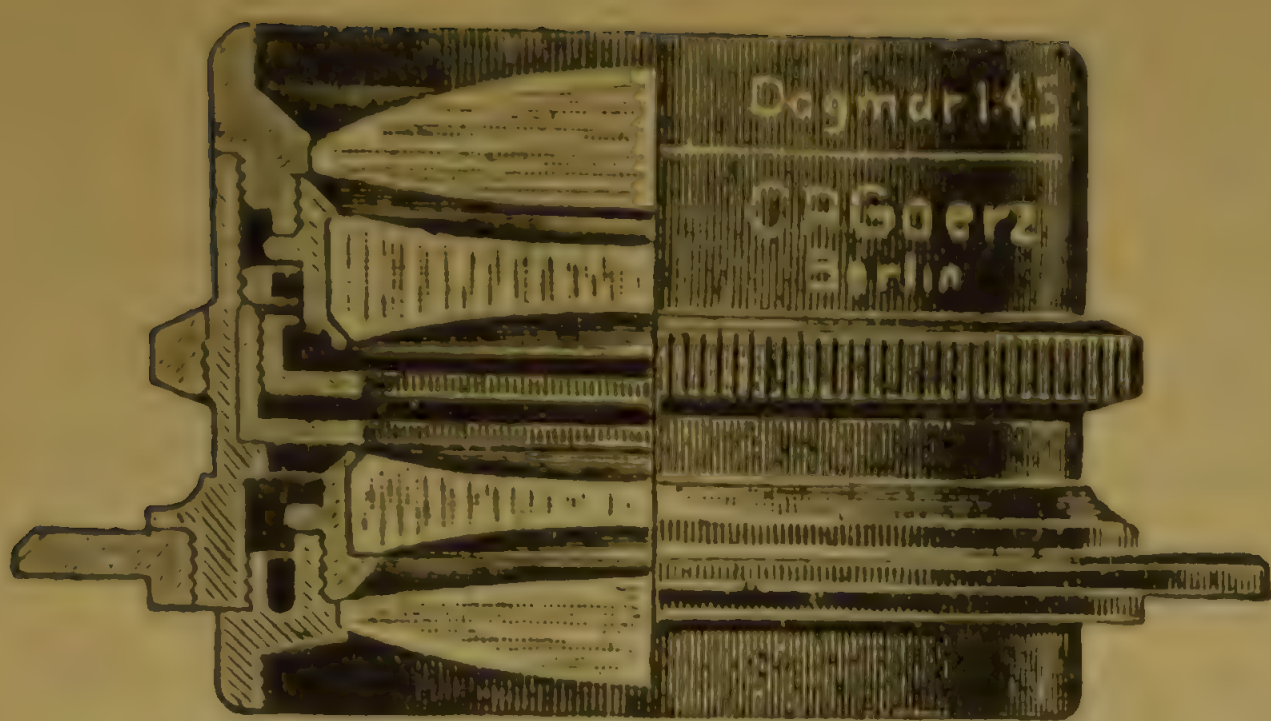


Kuv. 78. Puolisuhtainen kitattu anastigmaatti (Pantar).

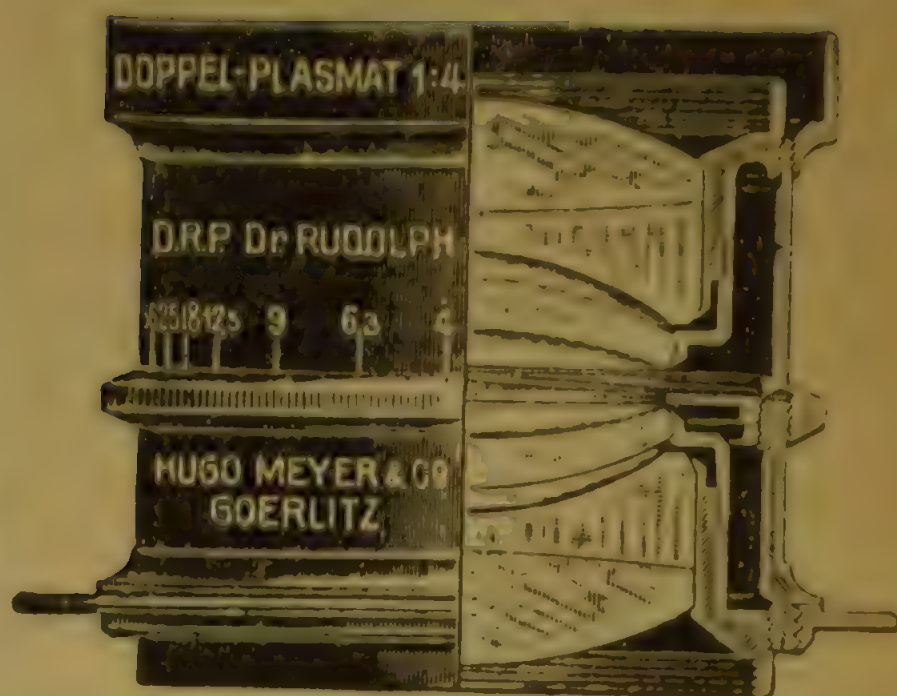
vissa ajatellaan kummassakin puolikkaassa keskimmäisen kolmesta kitatusta linssistä olevan ilmaa (n. s. ilmalinssi), saadaan objektiivimuoto, jonka puolikkaat ovat muodostetut, erillään olevasta kokoavasta ja hajoittavasta linssistä (kts. kuv. 79). Tämän muodon ensimmäisiä edustajia olivat Goerzin *Celor* ja *Syntor* objektiivit. Edellinen niistä on kaksoisanastigmaatti, jonka valovoima on  $F:4,5$  ja kuvakulma noin  $60^\circ$ . Nytemmin on näiden objektiivien sijaan tullut saman toiminimen *Dogmar*-niminen anastigmaatti (kuv. 79).

Tähän samaan kittaamattomien kaksoisanastigmaattien luokkaan kuuluvat vielä Steinheilin *Unofokal*, Meyerin *Aristostigmat* ynnä monta muuta objektiivia. Tämän yhteydessä mainittakoon, että tällaista irtolinssijärjestelmää käyttämällä on onnistuttu vanhemmistakin





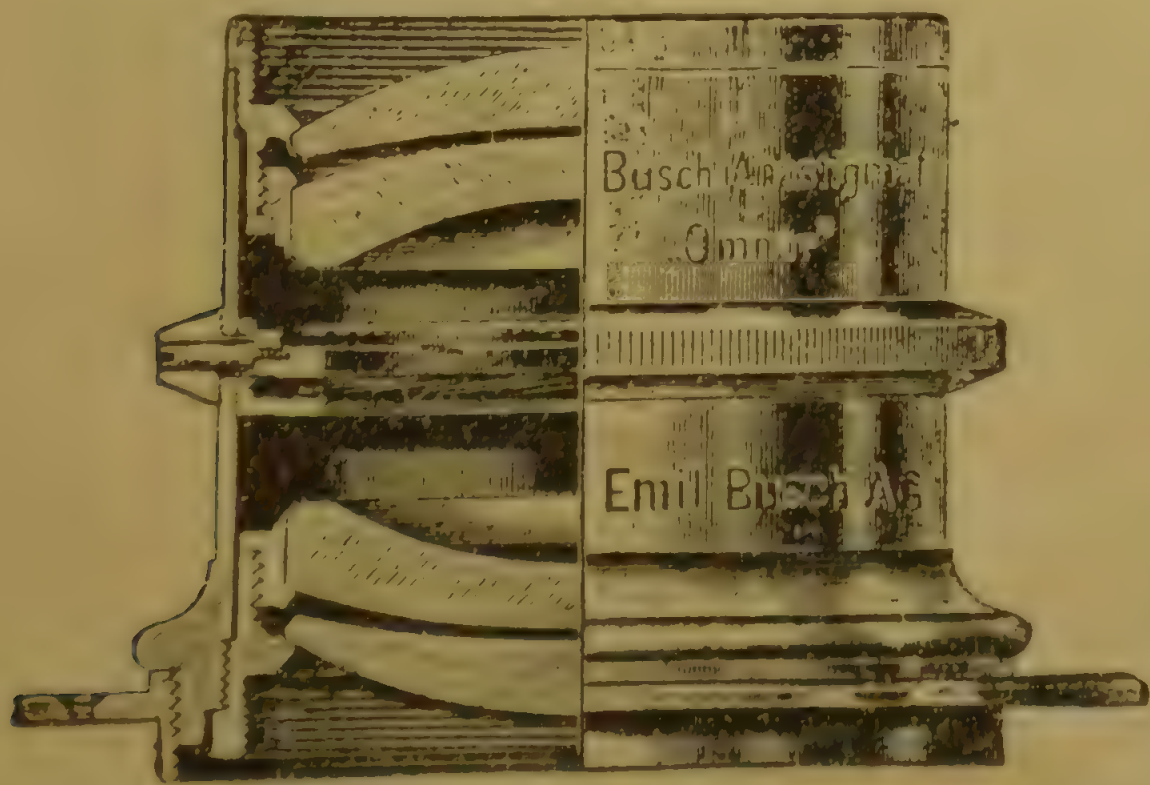
Kuv. 79. Kittaamaton anastigmaatti (Dogmar).



Kuv. 80. Puolikitattu tasasuhtainen anastigmaatti (Plasmal).

(pii- ja ruunu-) lasilajeista valmistaa täysin tarkistettuja anastigmaatteja. Sellainen on Buschin tasasuhtainen neli-linssinen Omnar (kuv. 81).

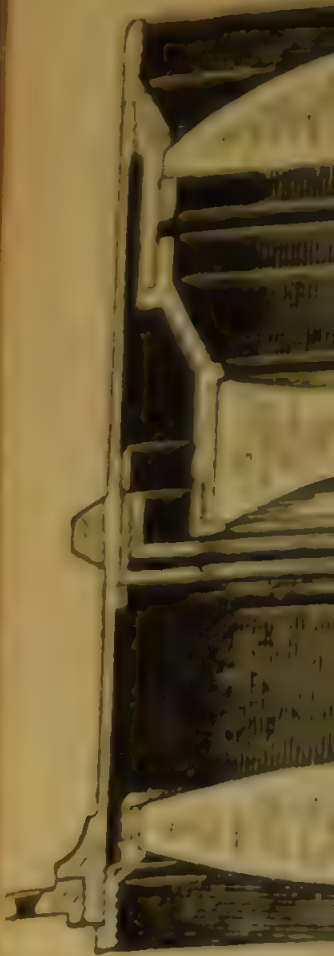
Vuonna 1898 esitti englantilainen Cooke objektiivirakenteen, joka teki mahdolliseksi anastigmaatin valmistamisen vain kolmesta erillisestä linssistä. Tämän perusteen mukaan rakennetut objektiivit eivät kuitenkaan alkuaan olleet täysin kaksoisanastigmaattien veroisia. Sittemmin koetettiin tätä kolmiosaista anastigmaattia, eli n. s. triplettianastigmaattia, parantaa siten, että kitattiin etummainen ja takimmainen linssi tahi vain viime-mainittu. Siten syntyi 1902 Voigtländerin Heliar (kuv. 83), valovoima  $F:4,5$  ja kuvakulma noin  $55^\circ$ , sekä Zeissin Tessar, (kuv. 76). Sittemmin onnistui Goerzin ja Steinheilin, sopivia lasilajeja käyttämällä, sommitella kolmi-



Kuv. 81. Kittaamaton tasasuhtainen pii- ja ruunulasista valmistettu anastigmaatti (Omnar).

osainen objektiivimuoto sellaiseksi, ettei linssien tarvitse olla kitattuja. Siten syntyivät Hypar (kuv. 82) ja Triplar-nimiset anastigmaatit, joiden valovoima on  $F:3,5$  ja  $F:4,5$  sekä kuvakulma  $35^\circ$  ja  $45^\circ$ .

Yhdistettyä erillistä ja kitattua linssijärjestelmää



Kuv. 82. Ki...

on myös tarkoituk suurempa kaksoisan

Viime

päässä miseen m saksalaise ennen ää nittu Te Linear

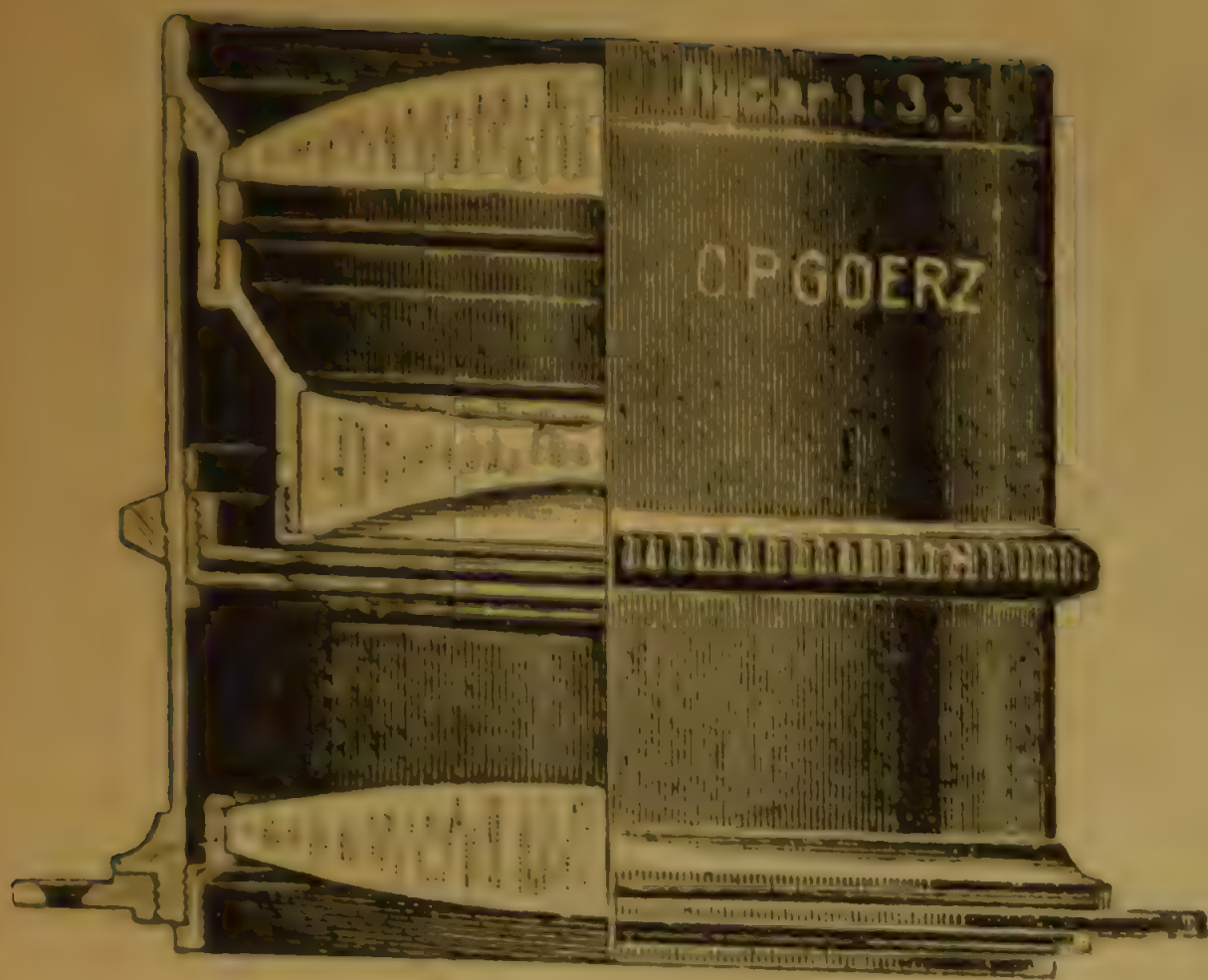
ja Meyerin äärimmäis kin kinen

tettavissa vielä ylite laatuissa sin vähäi

kuvakulma Päätök vauobjekt jessa tietä tärkeimpiä

Valokuvaajan





Kuv. 82. Kittaamaton triplet-anastigmaatti (Hypar).



Kuv. 83. Kitattu triplet-anastigmaatti (Heliar).

on myös käytetty tasasuhteisissa anastigmaattimuodoissa, tarkoituksella saada siten valovoiman kohoamisen ohella suurempaa plastillisuutta kuvaan. Sellainen on m. m. Meyrin kaksoisanastigmaatti *Plasmat* (kuv. 80).

Viime aikoina ovat objektiivitehtaiden pyrkimykset etupäässä kohdistuneet objektiivien valovoiman kohottamiseen mahdollisimman suureksi, ja tässä ovat varsinkin saksalaiset saavuttaneet erinomaisia tuloksia, sivuuttamalla ennen äärimmäisinä pidetyt rajat. Niinpä on edellämainittu Tessar saavuttanut valovoiman  $F:2,7$  Rietschelin *Linear*  $F:1,9$ , Ernemannin *Ernostar* (kuv. 84)  $F:1,8$  ja Meyerin *Plasmat* tähänastisen ennätyksen  $F:1,5$ . Kun äärimmäisen valovahvojen objektiivien kysyntä, varsinkin kinematograafialalla, yhä on kasvamassa, lienee odotettavissa, että nämäkin ennätykset vielä ylitetään. Varjopuolena tämänlaatuisissa objektiiveissa vain on varsin vähäinen syvätarkkuus ja pieni kuvakulma, noin  $30-45^\circ$ .

Päätökseksi tälle lyhyelle valokuvausobjektiivien kehitysselostukselle, jossa tietenkin on voitu kosketella vain tärkeimpiä keksintöjä, lienee paikallaan



Kuv. 84. Ernostar  $F:1,8$ .



luoda lyhyt jälkikatsaus, josta näkyy se ilahuttava tulos, että verrattain lyhyen kehitysajan kuluessa on tehty tavattoman suuria edistysaskeleita valokuvausoptiikan alalla. Vuonna 1840 oli Petzvalin loistavan menestyksen tuloksena objektiivi, jonka valovoima oli noin  $F:4$  ja koko kuvakulma noin  $30^\circ$ , josta vain noin  $10^\circ$  oli täysin tarkkapiirteistä. Nykyään saa



Kuv. 85. Petzval-objektiivi verrattuna uudenaikaiseen muotokuva-anastigmaattiin, jonka valovoima ja polttoväli on sama.

uudenaikainen optikko aikaan suuremman valovoiman  $40^\circ$  kuvakulmalla, josta ainakin  $35^\circ$  on täysin tarkkaa, joten käyttökelpoinen kuva-ala siis on täydellä aukolla yhtä laaja kuin Petzvalin aikana koko kuva-ala yleensä. Tämä on todellakin tieteen ja tekniikan kaunis voitto. Pelkän ulkopuolisen vertauksen vanhan ja uudenaikaisen muotokuvaobjektiivin välillä esittää kuva 85, josta näkyy, että valovoiman ja polttovälin ollessa samansuuruisia, uudenaikainen objektiivi on kooltaan vain puolet Petzvalin objektiivista.

seka  
auk  
sista  
päin  
tiiv  
M  
kuva  
parh  
simr  
obje  
F:3  
kulm  
tarvi  
(noir  
kun  
hyvä  
vin  
seksi  
aina  
vin  
koko  
(kts.  
jekti  
valo  
ja ku  
sanot  
t o k  
t i i v  
A  
kuvie  
lyhye  
tarvit



#### XIV. Eri objektiivisarjat.

On mahdotonta valmistaa sellaista objektiivia, jonka sekä valovoima että käyttökelpoinen kuvakulma täysiaukkoisena olisi suurin. Milloin toinen näistä ominaisuuksista on etualalla, silloin toinen esiintyy pienempänä, ja päinvastoin. Optikon täytyy senvuoksi tehdä eri objektiivisarjoja, käytännön eri vaatimusten mukaan.

Muotokuvavalokuvaukseen sopivat parhaiten mahdollisimman valovahvat objektiivit (noin  $F:3$  —  $F:5$ ); kuvakulman ei tällöin tarvitse olla suuri (noin  $30^{\circ}$ — $50^{\circ}$ ), kun polttovälin, hyvän perspektiivin aikaansaamiseksi (kts. luk. XI), aina tulee olla hyvin pitkä levyn kokoon verrattuna (kts. siv. 38). Objektiiveja, joiden valovoima on suuri ja kuvakulma pieni, sanotaankin muotokuvaobjektiiveiksi.

Arkkitehtuurikuvien ottamiseen lyhyeltä matkalta tarvitaan objek-



Kuv. 86. Laajakulmaobjektiivilla (Hypergon) otettu kuva.



tiivä, jonka kuvakulma on hyvin suuri, yli  $80^\circ$ , jos polttoväli on yhtä pitkä kuin levyn lyhempi sivu. Valovoiman ei tällöin tarvitse olla suuri. Sellaisia objektiivieja sanotaan laajakulmaobjektiveiksi. (Kuv. 86 on otettu laajakulmaobjektiveilla).

Muoto- ja laajakulmaobjektiveiden välillä ovat ryhmäkuva- ja yleisobjektivit, joiden kuvakulma on keskikokoinen, noin  $60-70^\circ$ , ja valovoima samoin keskinkertainen (noin  $F:4,5-F:9$ ).

Nämä eri sarjat eivät kuitenkaan eroa jyrkästi toisistaan, ja senvuoksi voikin toisinaan jokin objektiivä kuulua yhtä hyvin toiseen kuin toiseenkin ryhmään. Jos esim. objektiivin valovoima on  $F:6,8$  ja kuvakulma noin  $85^\circ$ , kuten on esimerkiksi Goerzin Dagor-kaksoisanastigmatin laita, voidaan sitä käyttää sekä yleis- että laajakulmaobjektiveina.

Valovoiman ja kuvakulman keskinäinen suhde nähdään parhaiten seuraavasta taulukosta.

Sarja	I Muotokuva-aplanaatti;	valovoima	1:6,	kuvakulma	noin	$50^\circ$
»	II Yleis-	»	»	1:9,	»	$60^\circ$
»	III Laajakulma-	»	»	1:15,	»	$90^\circ$

Kuten näkyy suurenee kuvakulma eri sarjoissa valovoiman pienentyessä.

Kaikki objektiivimuodot eivät kuitenkaan sovi yhtä hyvin näiden kolmen objektiivisarjan valmistukseen. Petzval-rakenne on erittäin sopiva hyvin valovahvojen muotokuvaobjektiveiden, mutta ei n. s. yleis- ja laajakulmaobjektiveiden valmistamiseen. Sitävastoin kitattu kaksoisanastigmatimuoto on erinomainen yleis- ja laajakulmaobjektiveihin, ellei valovoima ole  $F:6,8$  suurempi. Suurempaa valovoimaa, noin  $F:4,5$  ja enemmän, sekä keskinkertaista ja pienempää kuvakulmaa varten ovat kittamattomat ja puolikitatut kaksoisobjektiivä tai triplettimuodot varsin sopivia.

Suuri  
kuvaobjektiivi  
laajakulmaobjektiivi  
teellisen  
van päin

Varsinkin  
asiallisesta  
tiivien  
esim. D  
magis- y  
valovahvo  
kuten es  
Eurykko  
edelleen  
tiikan u  
tukset,

ja puoli  
maatit, l  
zin Hy  
Triplar,  
y. m. Sa  
muotok

mutta m  
jektiivei  
Goerzin  
länderin

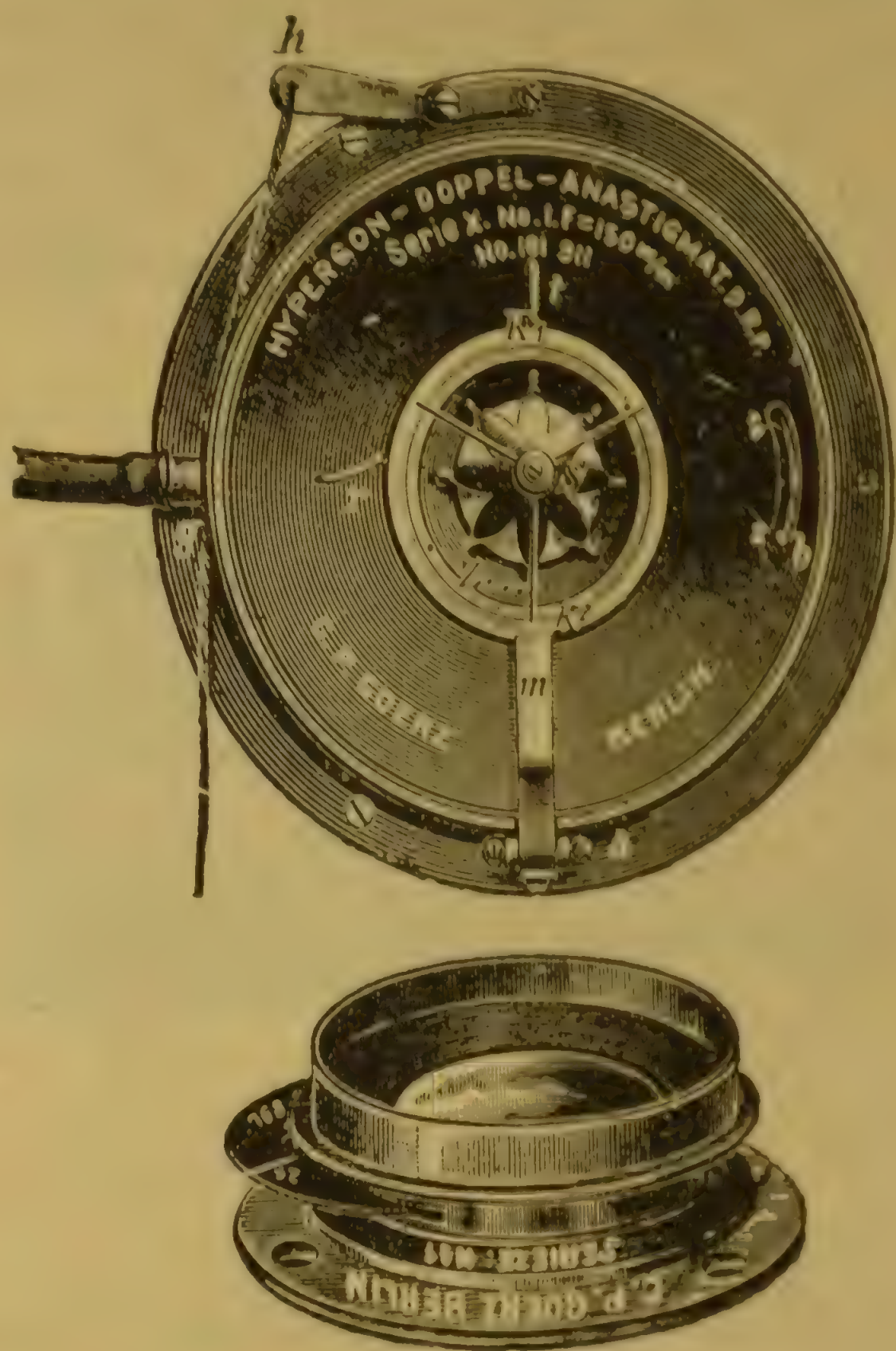
Vaikka  
nykyai  
pehmeä  
suutta k  
»pehmeä  
käytetään  
ja pallo  
verran l  
välimat



Suuren valovoimansa ja polttovälinsä vuoksi on muotokuvaobjektiiveissa aina verrattain suuret linssit, kun taas laajakulmaobjektiiveissa, niiden useimmiten pienen suhteellisen aukon ja lyhyen polttovälin takia, asianlaita on aivan päinvastainen (kts. kuv. 87 ja 88).

Varsinaisiin muotokuvaobjektiiveihin kuuluvat pääasiallisesti Petzval-objektiivien eri lajit, kuten esim. Dallmeyer-, Hermagis- y. m. objektiivit, valovahvat aplanaatit, kuten esim. muotokuva-Euryskop j. n. e., sekä edelleen nykyaikaisen optiikan uusimmat saavutukset, kittaamattomat ja puolikitatut anastigmatit, kuten esim. Goerzin Hypar, Steinheilin Triplar, Meyerin Plasmät y. m. Samoin erinomaisia muotokuvaobjektiiveja, mutta myöskin yleisobjektiiveiksi sopivia, ovat Goerzin Dogmar, Voigtländerin Heliar, Zeissin Tessar y. m.

Vaikka muotokuvaobjektiivien ominaisuuksiin yleensä ja nykyaikaisten erittäin kuuluu, että ne tekevät plastillisen ja pehmeäpiirteisen kuvan, on varsinkin viimeksimainittua ominaisuutta koetettu vielä parantaa sommittelemalla erikoisia n. s. »pehmeästi kuvaavia» objektiivimuotoja. Tässä tarkoituksessa käytetään pääasiallisesti kahta eri keinoa: joko korjataan värin ja pallopoikkeaminen vain osittain, joten kuvapiirteet jonkun verran hajaantuvat, taikka järjestetään linssien keskinäinen välimatka erityisen laitteen avulla muutettavaksi, millä keinoin

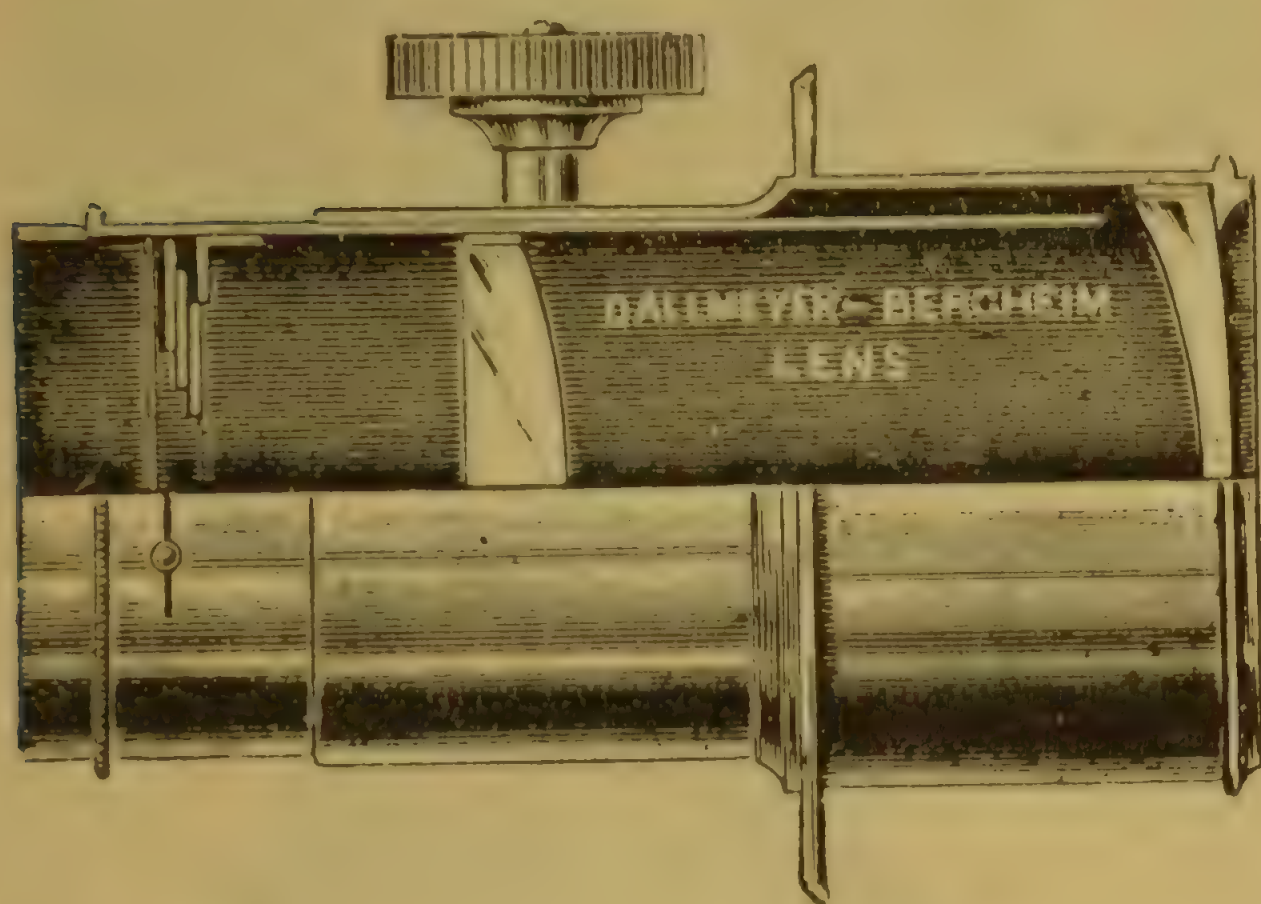


Kuv. 87 ja 88. Laajakulmaobjektiiveja (ylempi »Hypergon»).



myös saadaan valonsäteet hajaantumaan. Edellisen laatuista ovat m. m. amerikk. Smith-linssi ja saksal. Perscheid-objektiivi, jälkimmäisiä engl. Dallmeyerin Bergheim-objektiivi (kuv. 89), amerikk. Wollensakin Vitax ja saksal. Voigtländerin muutettavavälinen Heliar, joissa viimeksimainituissa keskilinssi on siirrettävä ja joilla saadaan sekä täysin tarkkoja että hyvinkin pehmeäpiirteisiä kuvia.

Yleisobjektiivien luokkaan kuuluvista, mutta samalla laajakulmaobjektiiveiksi soveltuvista mainittakoon m. m. kaikki kitatut kaksoisanastigmatit, kuten esim. Goerzin



Kuv. 89. Dallmeyerin Bergheim-objektiivi.

Dagor, Voigtländerin Kollinear, Steinheilin Orthostigmat y. m.

Varsinaisiin laajakulmaobjektiiveihin luetetaan, paitsi muutamia kitattuja kaksoisanastigmatteja ja muita erikoisobjektiiveja, erityisesti Buschin Pantoskop ja Goerzin Hypergon. Viimemainittu on

kaikista objektiiveista laajakulmaisoin ( $140^\circ$ ).

Erikoislaatuista ovat n. s. reproduktioni- eli jäljennysobjektiivit. Nämä ovat objektiiveja, jotka tarkistetaan viiva-tarkkuudelle ja ovat akromatisoidut kahdelle tai useammalle värille, kulloinkin sen tarkoituksen mukaan, mihin ne ovat aiotut. Viimemainittuja objektiiveja, n. s. apokromaatteja käytetään kolmivärivalokuvaukseen punaisen, vihreän ja sinisen suodattimen yhteydessä, kun taas ensinmainitut ovat tarkoitettut viivapiirustusten, ja muiden yksiväristen kuvien jäljentämiseen. Apokromaatista objektiivia voidaan tietenkin myös käyttää yksivärivalokuvaukseen, kun sitä vastoin vain kahdelle värille akromatisoitu objektiivi ei kelpaa kunnolla kolmivärivalokuvauk-

seen,  
tarkai

Ka  
jonkun  
apokro  
kulma

Ku  
kennus

maansa  
suhteid  
loin hä  
määrät  
suoritt  
useampi  
laisen,  
ei kuit  
objekti  
mitelle  
sarja  
suhtais  
puolikk  
seen 4  
daan k  
puolis  
objekti  
tiivipu  
tään k  
ja kier  
kehyks  
suuren

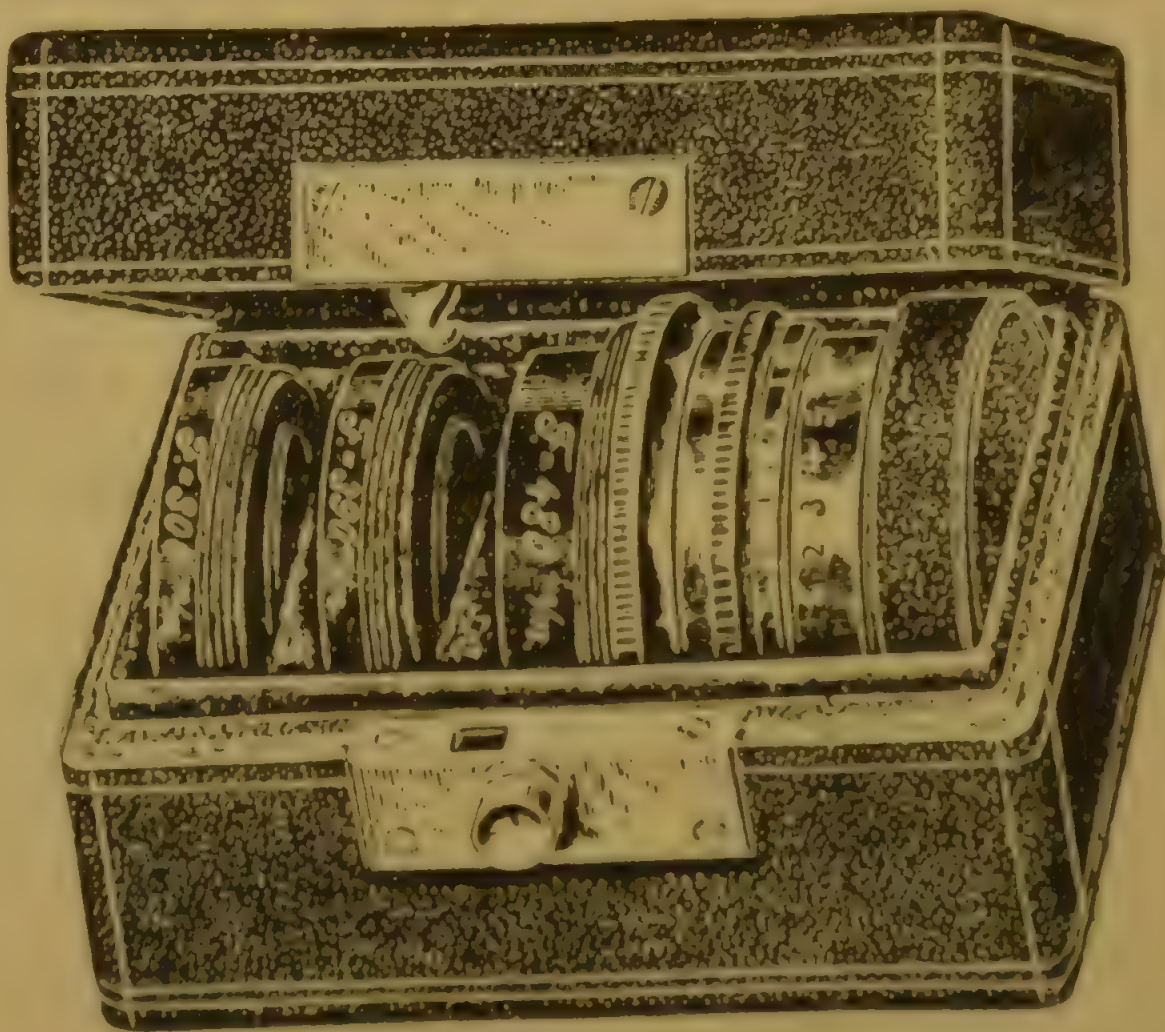


seen, koska viimeksimainitussa tapauksessa osakuvat eivät tarkalleen sovi yhteen.

Kaikki suuremmat optilliset tehtaot pitävät kaupassa jonkun objektiivilajinsa myös reproduktiosiobjektiivina tai apokromaattina. Näiden objektiivien valovoima ja kuvakulma on yleensä keskinkertainen.

## XV. Objektiivikerrastot.

Kun valokuvaajan on kuvattava jokin esine (esim. rakennus) määrätyn kokoisena, voimatta tällöin valita asemaansa mielen mukaan, vaan pakotettuna, esim. tilavuussuhteiden takia, ottamaan kuvan määrätyltä paikalta, silloin hänen on käytettävä objektiivia, jonka polttoväli on määrätyn pituinen, jotta hän voisi kyseenalaisen tehtävän suorittaa. Tämän vuoksi täytyy siis valokuvaajalla olla useampia objektiiveja, joista hän kulloinkin voi valita sellaisen, jonka polttoväli on tarkoitukseen sopiva. Kaikkien ei kuitenkaan ole mahdollista hankkia itselleen useita eri objektiiveja. Sen vuoksi optikot ovatkin tätä varten sommitelleet n. s. objektiivikerrastoja. Nämä ovat sarja erikokoisten tasa-suhtaisten objektiivien puolikkaita (enimmäkseen 4 tai 5), jotka voidaan keskenään yhdistää puolisuhtaisiksi kaksoisobjektiiveiksi. Eri objektiivipuolikkaita säilytetään kotelossa (kuv. 90) ja kierretään objektiivikehykseen aina niin, että suurempi linssi (tai linssi-



Kuv. 90. Objektiivikerrasto koteloineen.



yhdistelmä) tulee himmentäjän etupuolelle, milloin on kysymyksessä kaksoisobjektiivin muodostaminen. Jos sitä vastoin halutaan käyttää toista objektiivipuolikasta yksikseen, sijoitetaan se parhaiten himmentäjän taakse.

Jos objektiivipuolikkaiden valovoima on  $F:12,5$ , silloin yhdistetyn kaksoisobjektiivin valovoimaksi tulee noin  $F:6,3$ , joten kaksoisobjektiivi on noin neljä kertaa niin valovahva kuin kumpikin puolikas erikseen. Kaksoisobjektiivin polttoväli riippuu kulloinkin käytettävistä objektiivipuolikkaista. Se voidaan osapuilleen määrätä seuraavan kaavan mukaan:

$$F = \frac{f_1 + f_2}{4},$$

s. o. kaksoisobjektiivin polttoväli ( $F$ ) on suunnilleen yhtä suuri kuin yhdistettyjen objektiivipuolikkaiden polttovälit ( $f_1$  ja  $f_2$ ) jaettuna 4:llä. Esim.: Jos toisen puolikkaan polttoväli on noin 30 sm. ja toisen 18 sm, on niiden yhdistelmän polttoväli suunnilleen

$$\frac{30 + 18}{4} = \frac{48}{4} = 12 \text{ sm.}$$

Enimmäkseen on tällä summittaiskaavakkeella saatu arvo 1—2 sm liian pieni. Tarkemmat arvot kullekin yhdistelmälle on etsittävä niistä taulukoista, jotka asianomaiset toiminimet liittävät valmistamiinsa objektiivikerrastoihin.

Kun polttoväli vaihtelee kunkin yhdistelmän mukaan, saadaan samalla himmentäjäaukolla mitä erilaisimmat aukko-suhteet. Nämäkin on haettava objektiivikerrastoa seuraavista taulukoista. Jotta ne helposti voitaisiin laskea, ovat himmentäjäaukot usein merkityt millimetreissä, niin että esim. himmentäjän ollessa 10 mm ja polttovälin 180 mm suhteellinen aukko on  $F:18$ ; jos taas polttoväli on 210 mm on suhteellinen aukko  $F:21$ .

Jos kerr  
naatin osia,  
ovat anastig  
tiivikerrastos  
van kuin en  
välinen yhd  
tai enemmän  
objektiivina.

Melkein  
objektiivilaji

Osittain  
joavat ne ol  
taan sellaise  
aukkoisena l  
Pantar, Mey  
tarkoitus on  
linsseillä, jol  
derin Focar  
verran kuva  
on verrattain

Monessa  
via esineitä,  
minen tarpe  
pitkäpalkeis  
näyttää pit  
sannolla ma  
valokuvaaja  
keino on k

Tämä  
vista (n. s.



Jos kerrastoon kuuluvat objektiivipuolikkaat ovat aplanaatin osia, sanotaan kerrastoakin aplanaattiseksi, jos ne ovat anastigmaatteja, puhutaan anastigmaattisesta objektiivikerrastosta. Viimemainittu tekee reunatarkemman kuvan kuin ensiksi mainittu. Toisinaan on joku lyhytpolttovälinen yhdistelmä sellainen, että sen kuvakulma on  $80^\circ$  tai enemmänkin, joten sitä siis voidaan käyttää laajakulmaobjektiivina.

Melkein kaikki objektiivitehtaat valmistavat jonkun objektiivilajinsa myös objektiivikerrastona.

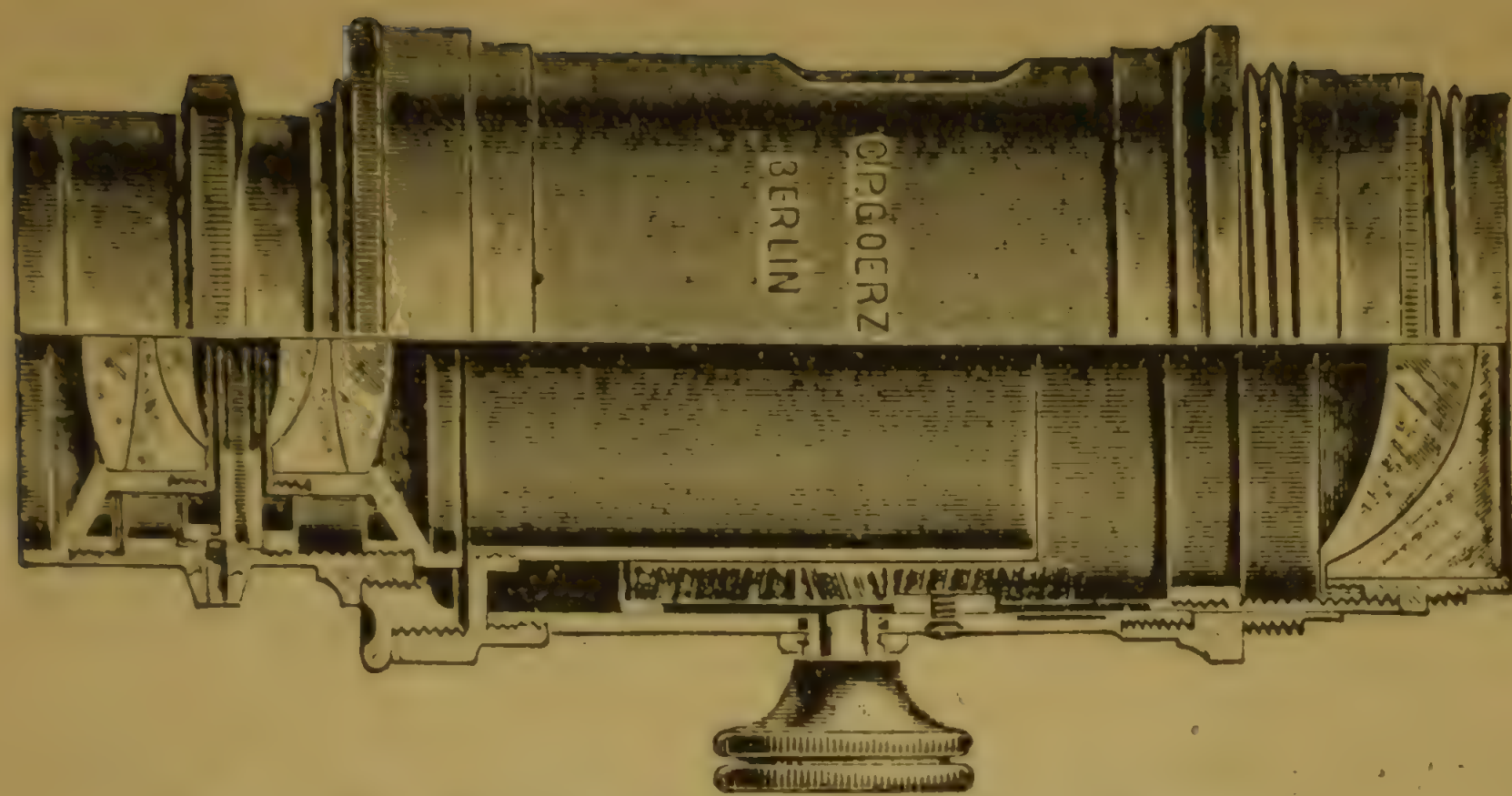
Osittain samat edut, kuin objektiivikerrastotkin, tarjoavat ne objektiivilajit, joiden puolikkaat ovat rakenteeltaan sellaiset, että ne erikseen käytettynä tekevät täysiaukkoisena hyvän kuvan. Näihin kuuluvat m. m. Goerzin Pantar, Meyerin Euryplan ja Zeissin kaksois-Protar. Sama tarkoitus on myös objektiivin eteen liitettävillä n. s. esilinsseillä, jollaisia ovat m. m. Zeissin Distar- ja Voigtländerin Focar-linssi. Nämä huonontavat kuitenkin jonkun verran kuvan tarkkuutta, jonka vuoksi niitä käytettäessä on verrattain runsaasti himmennettävä.

## XVI. Kauko-objektiivi.

Monessa tapauksessa, esim. valokuvattaessa kaukana olevia esineitä, on mahdollisimman pitkän polttovälin käyttäminen tarpeen. Tämä edellyttää kuitenkin myös riittävän pitkäpalkeista kameraa. Ellei sellaista ole käytettävissä, näyttää pitkäpolttovälisen objektiivinkin käyttö ensi katsannolla mahdottomalta. Optikot ovat kuitenkin antaneet valokuvaajalle keinon tämän pulman ratkaisemiseksi. Se keino on k a u k o - o b j e k t i i v i (kuv. 91).

Tämä on yhdistetty tavallisesta valokuvausobjektivistä (n. s. kaukopoosiivi) ja hajoittavasta linssistä (n. s.

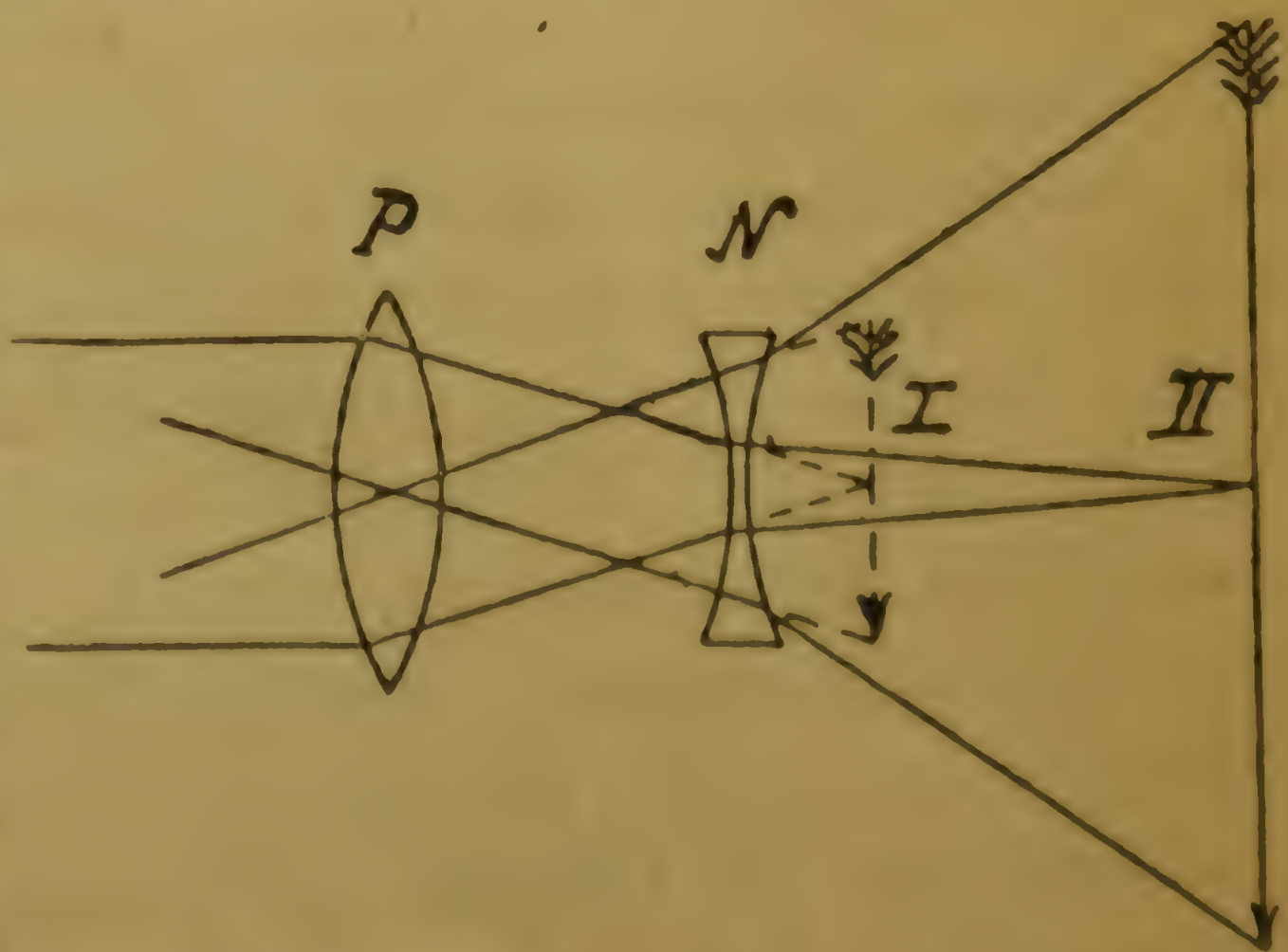




Kuv. 91. Muutettavavälinen kauko-objektiivi.

kuuluvine hajoittavine linssineen sanotaan kaukolisäkkeeksi. Kaukopositiivina voidaan periaatteellisesti käyttää mitä objektiivia tahansa, mutta käytännöllisistä syistä on kuitenkin paras valita mahdollisimman tarkka-  
piirteisesti kuvaava, valovahva objektiivi, jonka polttoväli on noin 15—30 sm. Jokainen objektiivi voidaan, liittämällä siihen kaukolisäke, muuttaa tilapäisesti kauko-objektiiviksi, sen varsinaisen käyttökuntoisuuden, kaukolisäkkeen poistamisen jälkeen, siitä kärsimättä.

Kauko-objektiivi vaikuttaa seuraavalla tavalla: Kaukopositiivi (kuv. 92 P), siis tavallinen objektiivi, muodostaa optillisen kuvan (I). Tätä ensimmäistä kuvaa, joka muutoin näkyisi tähyslasilla, ei voi kauko-objektiivissa syntyä välillä olevan negatiivilinssin vuoksi, ja se on siis vain näennäinen. Tästä näennäisestä kuvasta tekee negatiivilinssi (N) toisen, suurennetun kuvan (II). Vasta tämä näkyy tähyslasilla ja on n. s. kaukokuva. Kun viimeksimainittu on suurempi kuin ensimmäinen kuva, puhutaan kauko-objektii-



Kuv. 92. Valonsäteiden kulku kauko-objektiivissa.

kaukonegatiivi), joita molempia pitää sopivan matkan päässä toisistaan tarkoituksenmukainen putki. Viimemainittua siihen

vin  
kuva  
puu  
välin  
suure  
väli  
tiivili  
on.  
raava

Jo  
vin p

näillä  
kauko  
kertaa  
etäisy

Pa  
koitet  
keskip  
objek  
vän  
poin  
leva  
ran k

K  
minen  
valot  
vun  
kitsu  
kerta



vin suurennuksesta ja tällä tarkoitetaan ensimmäisen kuvan suhdetta toiseen. Tämän suurennuksen määrä riippuu kameran palkeen aukivedon ja negatiivilinssin polttovälin keskinäisestä suhteesta, ja sääntönä on tällöin, että suurennus on sitä runsaampi mitä useamman kerran polttoväli sisältyy palkeen aukivetoon, siis mitä lyhyempi negatiivilinssin polttoväli tai mitä pitempi kameran aukiveto on. Tarkemmin voidaan suurennus kulloinkin laskea seuraavan kaavan mukaan:

$$\text{Suurennus} = \frac{\text{palkeen aukiveto}}{\text{negatiivilinssin polttoväli}} + 1$$

Jos siis esim. palkeen aukiveto on 35 sm ja kaukonegatiivin polttoväli (hintaluettelon mukaan) 7 sm, on suurennus

$$\frac{35}{7} + 1 = 5 + 1 = 6,$$

näillä edellytyksillä siis kuudenkertainen; toisin sanoen kauko-objektiivilla otettu kuva on joka kohdaltaan kuusi kertaa niin suuri kuin kaukopositiivilla yksistään samalta etäisyydeltä otettu kuva.

Palkeen aukivedolla kauko-objektiivia käytettäessä tarkoitetaan aina tähyslasin keskipisteen ja kaukonegatiivin keskipisteen välimatkaa, eikä siis edellämainitun etäisyyttä objektiivilaudasta. Kun kauko-objektiivi usein ulottuu hyvän matkan kameran sisään, on niinmuodoin »käyttökelpoinen» ja kauko-objektiivin käytössä kysymykseen tuleva aukiveto usein huomattavasti pienempi kuin kameran koko palkeen mitta.

Käytännössä on hyvin tärkeitä suurennusmäärän tunteminen, sillä tästä riippuu valotusajan pituus siten, että valotusaika kasvaa neliösuhteessa suurennukseen. Kun lu-  
vun neliöllä tarkoitetaan lukua itsellään kerrottuna, merkitsee tämä sääntö siis esim.: Jos suurennus on kolminkertainen, ei valotusaika suinkaan ole samoin kolminker-



tainen, vaan  $3 \times 3$  eli yhdeksänkertainen. Jos taas suurennus olisi 7-kertainen, tulisi valotusajan olla  $7 \times 7$  eli 49-kertainen. Tästä nähdään, miten paljon valotusaika kasvaa suurennuksen mukana, ja voidaan ilman muuta tehdä se johtopäätös, että on edullista valita kaukopositiiviksi mahdollisimman valovahva objektiivi.

Kun negatiivilinssi suurentaa ensimmäisen kuvan, tulee tämän olla hyvin tarkkapiirteinen, ja senvuoksi on parasta käyttää kaukopositiivina erikoisen hyvää objektiivia, siis jotakin valovahvaa anastigmaattia.

Kuten edellä mainitusta suurennuskaavasta selviää, tulee suurennus samalla aukivedolla sitä suurempi mitä lyhempi kaukonegatiivin polttoväli on, tahi päinvastoin määrätty suurennus voidaan saada aikaan lyhyemmällä aukivedolla käyttämällä lyhytpolttovälistä negatiivilinssiä. Tästä voitaisiin tehdä se johtopäätös, että olisi edullista käyttää erikoisen lyhytpolttovälistä negatiivilinssiä. Asian laita ei kuitenkaan ole niin. Käytäntö osoittaa nimittäin, että kauko-objektiivikuva, samaa suurennusmäärää käyttäen, on laadultaan sitä parempi mitä pitempi negatiivilinssin polttoväli on. Senvuoksi onkin edullista valita kaukonegatiivin polttoväliksi noin  $\frac{1}{2}$ — $\frac{1}{3}$  positiivilinssin polttovälistä. Jos viimeksimainittu on esim. 18 sm, valitaan kaukonegatiivi, jonka polttoväli on vain 9—6 sm. Tällöin on huomattava, että lyhytpolttovälinen negatiivilinssi tekee määrätyn kokoisen suurennuksen lyhyemmällä palkeella kuin pitkäpolttovälinen, mutta että viimeksimainittu taas peittää suuremman kuva-alan kuin edellinen. Edellä sanotun nojalla lienee helppo osua oikeaan kauko-objektiivin kokoonpanoon nähden.

Asettamalla kameran palje mielen mukaan pitemmäksi tai lyhemmäksi ja sitten tarkentamalla kauko-objektiivi sen mukaan, jota varten objektiivin putkessa on n. s. hammas- ja kierrelaite, voidaan samalla kauko-objektiivilla saada

mitä erikokois  
semme objek  
tapauksessa  
tiivin po  
etummaisesta  
pituudesta ja  
rennus viiden  
väli  $20 \times 5 =$

Kauko-obje  
rätä suurennu  
tiivin (kaukopo  
koon  $F:6$  ja  
suurennus, sil  
 $F:6 \times 5$  eli  $F:30$   
nee sangen pa  
saisikaan käyt

Verrattain  
kasta, että ku  
objektiivi tod  
tarkoituksiin.

Paitsi edo  
kauko-objekti  
käytettäviä, o  
olemassa pier  
tiiveja, pääasi  
ten. Viimemo  
Busch'in Pis  
Nagnar ja V  
Penikokoisia,  
via muuttett  
Haukelin T  
Ritschelin  
Tessar ja  
94) — Kiin



mitä erikokoisimpia suurennuksia. Se on siis niin sanoaksemme objektiivin, jolla on monta eri polttoväliä. Kussakin tapauksessa on koko polttoväli = kaukopositiivin polttoväli  $\times$  suurennus. Jos esim. etummaisesta objektiivin polttoväli on 20 sm sekä palkeen pituudesta ja kaukonegatiivin polttovälistä riippuva suurennus viidenkertainen, on kauko-objektiivin koko polttoväli  $20 \times 5 = 100$  sm.

Kauko-objektiivin valovoimakin voidaan helposti määrätä suurennuksen mukaan. Jos esim. etummainen objektiivin (kaukopositiivi) on himmennetty suhteelliseen aukkoon  $F:6$  ja kuvaa otettaessa saadaan viidenkertainen suurennus, silloin koko objektiivin suhteellinen aukko on  $F:6 \times 5$  eli  $F:30$ . Tästä nähdään, että valovoima vähennee sangen paljon suurennuksen mukana, ja senvuoksi ei saisikaan käyttää liian runsasta suurennusta.

Verrattain vähäisestä valovoimasta ja siitä seurauksena, että kuvakulma on vain noin  $10^\circ$ , johtuu, että kauko-objektiivin todella sopii vain varsin määrättyihin erikoistarkoituksiin.

Paitsi edellä selostettuja muutettavavälisiä kauko-objektiiveja — joita on sekä suuria, jalustakoneissa käytettäviä, että pieniä, käsikoneita varten — on myöskin olemassa pienikokoisia kiinteävälisiä kauko-objektiiveja, pääasiallisesti käsikoneita varten. Viimemainitunlaisia ovat m. m. Busch'in Bis-Telar (kuv. 93), Zeissin Magnar ja Voigtländerin Tele-Dynar. Pienikokoisia, käsikameraankin sopivia muutettavavälisiä ovat m. m. Plaubelin Tele-Peconar (kuv. 95), Rietschelin Telinear, Zeissin Tele-Tessar ja Dallmeyerin Adon (kuv. 94). — Kiinteävälisen kauko-objek-



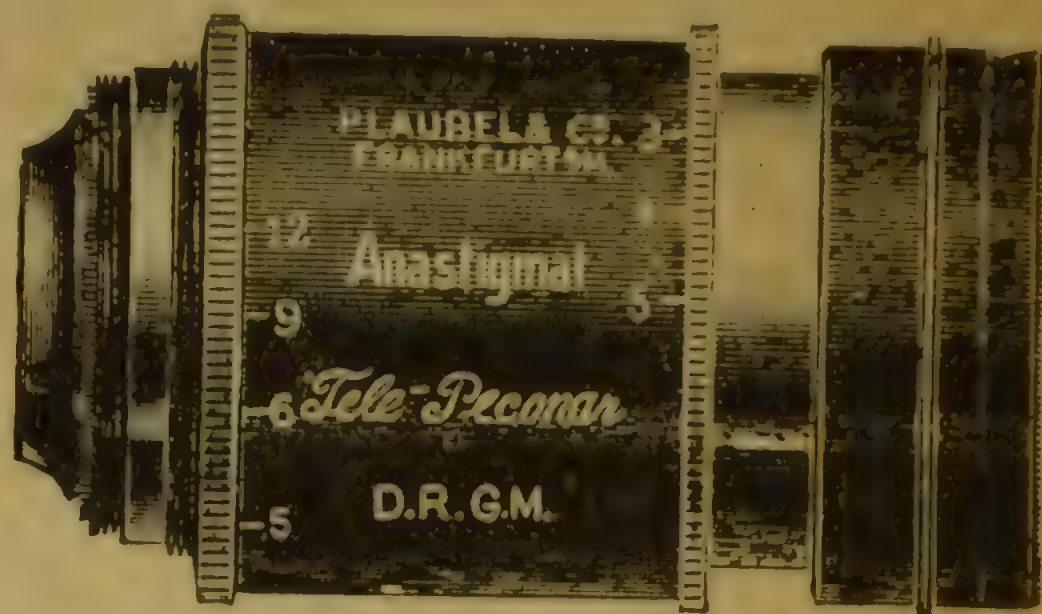
Kuv. 93. Bis-Telar.



tiivien vaatima paljemitta on noin puolet objektiivin koko polttovälistä, muuten niiden käyttö on aivan samanlainen kuin yhtä valovahvojen, tavallisten objektiivienkin.



Kuv. 94. Adon.



Kuv. 95. Tele-Peconar.

## XVII. Objektiivin hoito.

Valokuvausobjektiivi on tieteellinen koje ja sitä pitäisi myös sellaisena käsitellä. Käytännössä ei kuitenkaan aina ole niin laita, ja kuvan laatu kärsii tästä hyvin paljon.

Etupäässä on objektiivia, silloinkin kun sitä ei käytetä, suojeltava tomulta. Jos linssit ovat likaantuneet, on ne puhdistettava pehmeällä, puhtaalla liinatilkulla, ensin kuivaltaan ja sitten väkiviinalla, jota kuitenkin on vältettävä käyttämästä liikaa, koska se muutoin voi tunkeutua lasin ja kehyksen väliin ja kitatuissa objektiiveissa liuottaa kanadabalsamin.

Monissa objektiiveissa on lasi niin arkaa, että se kuu-kausimääriä kestävän voimakkaan valon vaikutuksesta tummenee, jonka johdosta objektiivin valovoima tietenkin ajan mittaan heikkonee. Jo tästäkin syystä on linssit peitettävä kannella silloin kun objektiivia ei käytetä.

Erityisesti on objektiivia myös suojeltava paineelta ja kolauksilta. Jos objektiivi putoaa ja tällöin kehys vain ulkopuolisesti jonkun verran taipuu, vaikuttaa siten syntynyt jännitys linsseihinkin, minkä johdosta objektiivi sittemmin tekee paljon huonomman kuvan. Joskus sattuu,

että lins  
menevät

Jos li  
peittää n  
van hun  
voimaan  
sesti. M  
jektiiviss  
neusvirhe  
jektiivin

Tomu  
myös hu  
varten l  
s. o. on  
kään saa  
kehysput  
lisivat v  
jännityk  
sin hait  
teen.

## XVI

Valo  
seikat a  
häiritse  
sessa. S  
haitan p  
Tava  
pehmeä  
vähemi  
jos neg  
selluloi  
kuiten



että linssit jälkeinpäin lämmönvaihtelun vaikutuksesta menevät rikki.

Jos linsseihin on tullut naarmuja tai viiruja, on paras peittää ne mustalla lakalla, valon hajaantumisesta aiheutuvan hunnun muodostumisen estämiseksi. Objektiivin valovoimaan tämä mustaaminen ei vaikuta mitenkään haitallisesti. Mainittakoon niinkään, etteivät ilmarakkulat objektiivissa ole mitään laatuviikoja, vaan ainoastaan kaukusvirheitä, joista ei voida tehdä mitään muistutusta objektiivin valmistajalle.

Tomun tai kosteuden peittämät linssit aikaansaavat myös hunnuttuneen kuvan. Kun objektiivi puhdistusta varten hajoitetaan, on se pantava kokoon asiantuntevasti, s. o. on vältettävä vaihtamasta linsejä, eikä niitä myöskään saa kiertää liian tiukkaan, mutta ei liian löysästikään kehysputkeen. Viimemainitussa tapauksessa eri linssit tulisivat väärälle etäisyydelle toisistaan, ensinmainitussa taas jännitykseen, jotka molemmat seikat voivat vaikuttaa varsin haitallisesti objektiivin muodostaman kuvan tarkkuuteen.

### **XVIII. Taiteellisen pehmeäpiirteiset kuvat.**

Valokuvaukselle on ominaista, että siinä tulevat sivuseikat aivan yhtä tarkoin esitetyiksi kun pääasiatkin. Tämä häiritsee toisinaan, kuten esim. muotokuvavalokuvauksessa. Sen vuoksi onkin tehty monenlaisia yrityksiä tämän haitan poistamiseksi.

Tavallisimpia keinoja saada tarkkapiirteisestä kuvasta pehmeämpi on kopioiminen himmeäpintaiselle enemmän tai vähemmän karkealle paperille. Vaikutus on tuntuvampi, jos negatiivin ja kopiopaperin väliin pannaan shelatiini- tai selluloidilevy tai ohut lasilevy. Liian paksu ei välikerros kuitenkaan saa olla, koska muutoin kuvapiirteet tulevat



hämäriksi ja sellaisina tekevät epätäiteellisen, siis aivan päinvastaisen vaikutuksen, kuin on tarkoitettu.

Toinen tapa toivotun vaikutuksen aikaansaamiseksi on se, että jo alunpitäin tehdään pehmeäpiirteinen negatiivi. Tämä käy päinsä esim. siten, että kuvaa ei tarkenneta aivan selväksi. Täten saavutettu tulos ei kuitenkaan ole moitteeton, koska tällöin kyllä jokin määrätty kohta tulee epätarkaksi, toinen — ei haluttu — kohta taas sitä tarkemmaksi. Senvuoksi onkin koetettu sitä keinoa, että tarkennus tehdään oikein, mutta objektiivia siirretään valotettaessa edestakaisin. Objektiivissa täytyy tietenkin tällöin olla tarkoituksenmukainen siirtolaite. Mutta tällä tavoin saadaan hyvin helposti piirteiltään sekava ja ala-arvoinen kuva. Samanlainen vaikutus on sillä menettelyllä, että objektiiviin sijoitetaan sähkökello värisyttämään sitä valotuksen aikana. Niinikään tarkoittaa samaa objektiivista jalustaan pingoitettu kierrejousi, joka valotuksen ajaksi pannaan väräjämään. Myös on koetettu saada aikaan pehmeäpiirteinen kuva siten, että objektiivin eteen vähän sen alapuolelle, on asetettu väkiviinalamppu palaamaan, jotta tästä kohoava kuuma ilma juomuillaan vaikuttaisi pehmentävästi kuvaan.

Nämä keinot eivät kuitenkaan ole tuottaneet toivottua tulosta. Täten saavutettu vaikutus on ollut joko väärä tai on menettelyllä ollut muita vaikeita varjopuolia. Senvuoksi onkin alettu pyrkiä haluttuun päämäärään muuttamalla vastaavasti objektiivin optillisia ominaisuuksia.

Ennen kaikkea on ajateltu korjaamattomien linssien käyttöä, ja ne tulivatkin ensi sijassa usein kysymykseen. Pääasiallisesti käytettiin tällöin niin sanottuja silmälasilinssejä; sittemmin valmistettiin valovahvempia, periskooppien laatuksia kaksoisobjektiiveja. Varsin tunnettu tällaisista taiteellisen pehmeästi kuvaavista objektiiveista on n. s. Puyo-objektiivi. Haluttu pehmeys saavutettiin tällöin objektiivin polttovälierotuksen avulla. Akromatisoi-

matt  
kauk  
erin  
tark  
Edell  
kuva  
U  
jekti  
valon  
tetaa  
heiko  
vaiku  
laisin  
keltä  
nöllis  
sine,  
tenk  
käyt  
P  
objek  
tillis  
Men  
meäl  
pää  
paan  
peh  
on.  
tark  
herk  
kuv  
him  
hysl  
myö  
tule  
olev  
Valol



mattonat kaksoisobjektiivit ilmestyvät kamppaan myös kauko-objektiivien kaltaisina, tunnetuin näistä on Dallmeyerin Bergheim-linssi, jonka polttoväli ja myös kuvan epätarkkuus on muutettava, samoin kuin Puyo-objektiivissakin. Edellä (siv. 85—86) on jo mainittu muitakin pehmeästi kuvaavia, erirakenteisia objektiivimuotoja.

Useita yrityksiä on myös tehty tarkasti kuvaavien objektiivien muuttamiseksi pehmeästi kuvaaviksi siten, että valonsäteiden tielle objektiin eteen, sisään tai taakse asetetaan valoa taivuttava väline. Tällaisista mainittakoon heikosti noetut lasilevyt ja eri tiheät harsokankaat, joita vaikutuksen vaihtelemiseksi käytetään kudonnaltaan erilaisina, väriltään vaaleina tai tummina, toisinaan myös keskeltä auki jätettyinä. Niinikään on sommiteltu lasista äänällisen muotoisia taipumishiloja rengasmaisine tai sädemäisine, verkonkaltaisine kuvioineen. Tällä keinolla on kuitenkin se varjopuolensa, että objektiivin valovoima sitä käytettäessä melkoisesti vähenee.

Parempi tulos saadaan, jos valontaivuttajaa ei sijoiteta objektiin yhteyteen, vaan objektiin synnyttämän optillisen kuvan taakse, siis sen ja valoherkän kalvon väliin. Menetelmä on sellainen, että pannaan kirjakasettiin himmeäksi hiottu lasi (himmeä puoli objektiivia kohti) ja sen päälle valokuvauslevy. Valottamalla sitten tavalliseen tapaan saadaan taiteellisen pehmeä kuva, ja tämä tulee sitä pehmeämpi mitä karkearakeisempi ja paksuampi himmeälasi on. Himmeälasin himmeä puoli tulee siis näin menetellen tarkoin objektiivin polttopisteeseen (kuvatason), valoherkkä kalvo taas jonkin verran siitä ulospäin. Optillinen kuva syntyy tällä tavoin täysin selvänä kuvettuna olevan himmeälasin himmeälle puolelle, aivan samoin kuin tihyslasillekin. Viimemainitulle tarkennettu esine on siis myös tarkkapiirteisen kuvettuna olevalla himmeälasilla ja tulee niinikään sellaiseksi kuvaksi, paitsi että kuvettuna oleva himmeälasi enemmän tai vähemmän taivuttaa lävit-



seen kulkevan valon, tehden siten koko kuvan pehmeämmäksi. Kun kuitenkin kasetissa olevan himmeälasin himmeän puolen ja valoherkän kalvon välillä on määrätty välimatka — vastaten himmeälasin vahvuutta — ei viime-mainitun rakeisuus vaikuta häiritsevästi. Tarkoitukseen hyvin sopiva on sellainen himmeälasi, joka asetettuna himmeä puoli selvästi painettua tekstiä vasten vain varsin vähän estää tätä näkymästä läpi. Syövytetyt himmeälasit ovat siis parempia kuin hiekkapuhaltimella valmistetut.

Tämän menetelmän tunnusmerkkinä on siis, että kuvan pehmeydestä huolimatta aina saadaan tarkimmaksi juuri se kohta, jota on tarkoitettukin, ja että pehmeyden määrää voidaan mielinmäärin kohottaa sekä saada joka kerta samanlaiseksi kuin se kerran on kunkin kauneusaistin mukaan määrätty, tarvitsematta ensinkään poiketa tavanmukaisesta työtavasta. Himmeälasin käyttö ei myöskään käytännöllisesti katsoen pidennä valotusaikaa. Samaa tulosta ei voida saavuttaa asettamalla himmeälasi kopioitaessa negatiivin ja kopiopaperin väliin, minkä käytännöllinen koe piankin näyttää. Periaatteellinen erotus onkin juuri siinä, että otettaessa kuva himmeälasin lävitse ollaan tekemisissä k o h d i s t e t u n valon kanssa, josta määrätty osa poikkeaa varsinaisesta suunnastaan, saaden siten aikaan pehmeän negatiivin, kun taas himmeälasin läpi kopioitaessa h a j a a n t u n u t valo aiheuttaa epätarkkuuden ja siten aikaansaa enemmän tai vähemmän epäselvän kuvan.

Kaikki tällaiset välilliset keinot ovat kuitenkin joka tapauksessa enemmän tai vähemmän epämurkavia, ja tämän vuoksi ne eivät olekaan saavuttaneet erikoisempaa suosiota, varsinkaan ammattivalokuvaajain keskuudessa. Luonnollisesti onkin valokuvaajalle monessa suhteessa paljon edullisempaa, että objektiivi suorastaan, joko kuvaa otettaessa tai sitä suurennettaessa, tekee pehmeäpiirteisen kuvan ilman mitään välikeinoja. Nykyaikainen objektiivitekniikka

on tällais  
rattain hy  
tiivimuotoj  
mainittu  
varsin hyv  
objektiivite  
odottaa en



on tällaisten objektiivien valmistuksessa päässyt jo verrattain hyviin tuloksiin, aikaansaaden useitakin eri objektiivimuotoja, joista edellä jo on muutamia esimerkkeinä mainittu ja jotka oikein käytettynä tekevät tehtävänsä varsin hyvin. Kun otetaan huomioon miten vauhdikkaasti objektiiviteollisuus nykyisin edistyy, voidaan tällä alalla odottaa ennen pitkää vielä parempiakin saavutuksia.



## Aputaulukko

sopivan objektiivin valitsemista varten määrättyyn tarkoitukseen.

1. Muotokuvaan:	<i>Valovoima</i> noin $F:3,5-F:7$ , vaadittavan kuvakulman mukaan. <sup>1)</sup>
a) <i>Suuriin pääharjoitelmiin:</i> (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:2-3$ ).	<i>Polttoväli</i> noin kaksi kertaa levyn pitemmän sivun mittainen. <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $35^\circ$ .
b) <i>Muotokuvaan yleensä ja muutamia henkilöitä käsittäviin ryhmäkuviin:</i> (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:1,5-2$ ).	<i>Polttoväli</i> noin $1\frac{1}{2}$ kertaa levyn pitemmän sivun mittainen. <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $45^\circ$ .
2. Yleistarkoituksiin ja suurempiin ryhmäkuviin:	<i>Valovoima</i> noin $F:4,5-F:9$ , vaadittavan kuvakulman mukaan. <sup>1)</sup>
a) (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:1\frac{1}{4}$ ).	<i>Polttoväli</i> noin levyn halkaisijan pituinen, etenkin jos valovoima on suurempi kuin $F:6,8$ . <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $55^\circ$ .
b) (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:1$ ).	<i>Polttoväli</i> noin levyn pitemmän sivun mittainen, kuitenkin vain jos valovoima ei ole suurempi kuin $F:6,8$ . <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $65^\circ$ .
3. Laajakulmakuviin ja hyvin suuriin ryhmäkuviin:	<i>Valovoima</i> noin $F:9-F:18$ , vaadittavan kuvakulman mukaan. <sup>1)</sup>
a) (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:\frac{5}{6}$ ).	<i>Polttovälin</i> pituus noin levyn lyhyen ja pitkän sivun keskivälillä. <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $70^\circ$ .
b) (Aiheen koko verrattuna objektiivin etäisyyteen noin $1:\frac{3}{4}$ ).	<i>Polttoväli</i> noin levyn lyhyemmän sivun mittainen. <i>Kuvakulma</i> tällöin vähintään $80^\circ$ .

<sup>1)</sup> Mitä suurempi valovoima, sitä pienempi säännöllisesti kuvakulma. Objektiivin  $F:3,5$  kuvakulma on noin  $40^\circ$ ,  $F:4,5$  noin  $55^\circ$ ,  $F:6,3$  noin  $70^\circ$ ,  $F:6,8$  tai valoheikompien noin  $80^\circ$  tai suurempi.



## Hakemisto.

### A.

Akromaattinen linssi 49.

—»— objektiivi 49.

—»— prisma 21.

Akseli, valo-opillinen 23.

Aktiininen akromatisointi 51.

Anastigmaatti 58, 59, 78—81.

—»— kaksois- 59.

—»— triplet- 59.

Apokromaatti 49, 86.

Astigmatismi 48, 56—59.

Aukko, objektiivin 29.

—»— suhteellinen 29—34.

—»— todellinen 29, 30.

—»— vaikuttava 29, 30.

### E.

Esineväli 28.

### H.

Heijastuminen, valon 10.

Heijastuskulma 10.

Heijastussäde 10.

Himmentäjä 71, 72.

Himmentäjä 71, 72.

—»— auringon 72.

—»— iiris- 72.

—»— kierto- 72.

—»— pisto- 71, 72.

—»— tähti- 60.

Himmentäjäjärjestelmät 32, 33.

Himmentäjäerotus 54.

Himmentäminen 48.

### K.

Kaksoisanastigmaatti 59.

Kaksoisobjektiivi 63, 64, 70—74.

Kantapiste 10.

Kasettierotus 52.

Kauko-objektiivi 89—94.

Kehys, objektiivin 69, 70.

Keskivälitarkkuus 56.

Kemialliset säteet 19.

Keskiöiminen, linssin 23.

Keskiöity linssi 23.

Kohtisuora 10.

Kuva-ala 34—36.

—»— kokonais- 34—36.

—»— käytetty 36.

—»— käyttökelpoinen 35,  
36.

Kuva-alan kaarevuus 48, 55, 56.

Kuvakulma 27, 34—36, 39—41.

—»— käyttökelpoinen 35,  
36.

Kuvaväli 28.

### L.

Laajakulmaobjektiivi 37, 39, 84.

Linssi 21.

—»— hajoittava 21.



Linssi, kokoava 21.  
 —»— kovera 21, 22.  
 —»— kupera 21.

**M.**

Muotokuvaobjektiivi 37, 38,  
 83, 84.

**N.**

Näkökulma 27.

**O.**

Objektiivi 22, 69—85.  
 —»— epäsuhtainen 70, 79.  
 —»— kaksois- 63, 64, 70,  
 74—81.  
 —»— kauko- 89, 94.  
 —»— maisema- 73, 74.  
 —»— Petzval- 74, 75.  
 —»— puolisuhtainen 70, 79  
 —»— silmälas- 73.  
 —»— tasasuhtainen 70, 77,  
 79, 80.  
 —»— yksinkertainen 70,  
 73.

Objektiivin aukko 29—34.  
 —»— suhteellinen  
 29—34.  
 —»— todellinen  
 29.  
 —»— vaikuttava  
 29.

Objektiivin hoito 94, 95.  
 —»— kehys 69, 70.  
 —»— tunnusmerkit 27—  
 37.  
 —»— valinta 37—41, 100.

Objektiivit, laajakulma- 36, 37,  
 84.

Objektiivit, muotokuva- 36, 37,  
 83.

—»— pehm. kuvaavat 85  
 86, 96, 97.

—»— ryhmäkuva 38, 84.

—»— yleis- 36, 37, 84.

Objektiivikerrastot 87—89.

Objektiivimuodot 73, 82.

Objektiivisarjat 83—87.

Objektiiviviat 47—64.

Optiikka 9.

Optilliset säteet 19.

**P.**

Pallopoikkeaminen 48, 52—54.

Pehmeäpiirt. kuvat 95—99.

Pehmeästi kuvaavat objekti-  
 vit 85, 86, 96, 97.

Peili 10, 11.

Peiliheijastus 10, 11.

Peilikuva 11.

Periskooppi 75.

Perspektiivivirheet 65—69.

Petzval-objektiivi 74, 75, 82.

Piilasi 20.

Poikkeaminen 15, 47.

Poikkeusväli 11.

Polttopiste, kemiallinen 50.

—»— optillinen 50.

—»— todellinen 23, 24.

—»— oletettu 24.

Polttoväli 23, 27—29, 37—41.

Polttovälierotus 50, 51.

Prisma 16—21.

Pyrstö 48, 54, 55.

**R.**

Reunaleveneminen 68, 69.

Ruunulasi 20.

Ryhmäkuvaobjektiivit 38, 84.



## S.

Spektri, 19.

—»— toisarvoinen 49.

Spektrivärit 19.

Suhteellinen aukko 30—33.

Suurennus 26, 27.

Syvätarkkuus 41, 44—47.

## T.

Taitekulma 15.

Taittokertoin 15, 16.

Taittokulma 16.

Taittosuhde 15, 16.

Taittosärmä 16.

Tarkennus, keskiväli- 56.

Tarkentaminen 41—47, 56.

Tarkennustaulukko 42.

Tasalaaka levy 16, 17.

Tulokulma 10.

Tulosäde 10.

Tähtihimmentäjä 60.

## V.

Valaistus 12.

Valo, 9.

» yhdistetty 18.

» yksinkert. 18.

Valon eteneminen 9.

—»— heijastuminen 10.

—»— kulku prismassa 18, 19.

—»— taittuminen 14.

—»— säteet, kemialliset 19.

—»— » optilliset 19.

—»— voima 12.

Valo-opillinen akseli 23.

Valotusluvut 32, 33.

Valotäplä 48, 61, 62.

Valovoima 27, 29—34, 37—39.

Varjostus 48, 59—61.

Väripoikkeaminen 19, 48—51.

Vääräpiirteisyys, 48, 62—64.

—»— tynnyrimäi-  
nen 62, 63.

—»— tyynymäinen  
63, 64.

## Y.

Yleisobjektiivi 37, 38, 84.

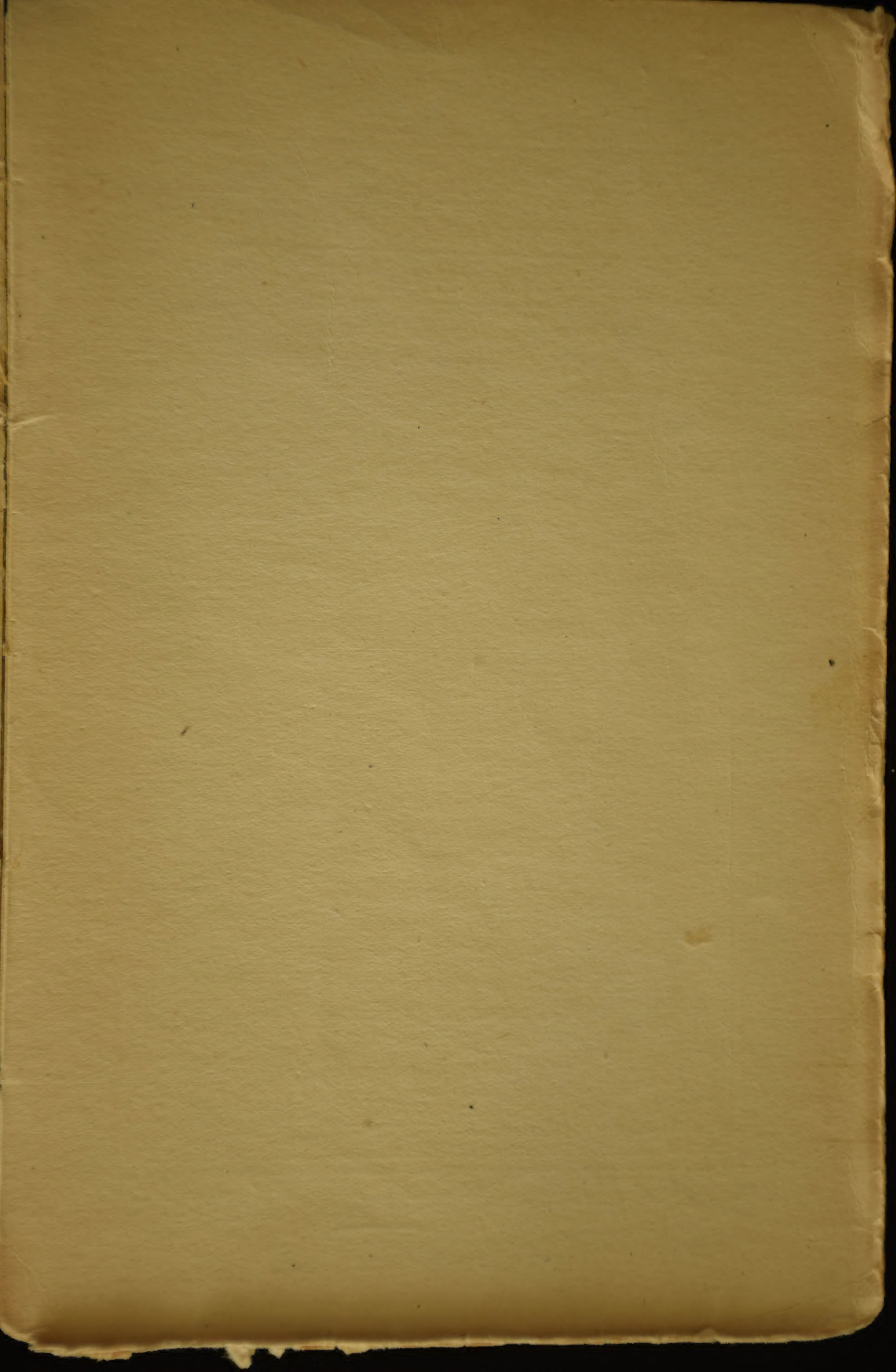


3f

5

11







# **SUOMEN VALOKUVAAJAIN**

## **OSAKEYHTIÖ**

**HELSINGISSÄ**

Pohj. Esplanaadikatu 37 - Puhelin 67 71

**Sivuliikkeet:**

**TAMPEREELLA**

Hämeenkatu 9 - Puhelin 19 82

**OULUSSA**

Kansallispankin talossa - Puhelin 4 12

*Valokuvaustarpeiden edullisin ostopaikka*



### **OBJEKTIIVEJA:**

Hugo Meyer & C:o

Voigtländer & Sohn

Carl Zeiss

Steinheil Söhne

Wara-Plaubel

**Kameroita, levyjä,  
filmiä, papereita ja kemikalioita**

*Kysykää hintoiamme!*